



# LA VIE

## MODE DE MOUVEMENT


22102315339

# LA VIE
# MODE DE MOUVEMENT

---

## ESSAI D'UNE THÉORIE ÉLECTRONIQUE
## DES PHÉNOMÈNES VITAUX

(NOUVELLE ÉTUDE)

PAR

E. PRÉAUBERT

PROFESSEUR HONORAIRE AU LYCÉE D'ANGERS
PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ D'ÉTUDES SCIENTIFIQUES D'ANGERS
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE, ETC.

PARIS
LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN

1919

# LA VIE

# MODE DE MOUVEMENT

---

## ESSAI D'UNE THÉORIE ÉLECTRONIQUE DES PHÉNOMÈNES VITAUX

**(Nouvelle Étude)**

---

## *AVANT-PROPOS*

---

*Déjà, en* 1897, *j'ai publié dans le* Bulletin de la Société d'Études Scientifiques d'Angers *un premier travail intitulé :* « La vie mode de mouvement, Essai d'une théorie physique des phénomènes vitaux ». *Ce travail résumait une série de recherches personnelles, poursuivies depuis* 1878, *tendant à démontrer que le dynamisme vital ne peut trouver d'explication satisfaisante que dans l'intervention de l'ultramatière* (*électricité, éther*).

*Depuis cette première publication, les sciences physiques se sont enrichies de connaissances précieuses sur la constitution intime de la matière. Ces données nouvelles*

*m'ont permis de préciser certains points restés jusqu'alors pour moi dans l'indécision, notamment le siège vraisemblable de la vie; elles m'ont facilité l'édification d'une théorie embrassant l'universalité des phénomènes biologiques, sans oublier la question d'origine.*

*Cette seconde publication renferme dans son développement la substance essentielle de la première, ce qui dispensera le lecteur de revenir en arrière. Toutefois, trois chapitres du premier travail ont été intégralement reproduits, sous forme d'annexe, à la suite de celui-ci, parce que ces chapitres présentent chacun une sorte d'individualité bien nette, qui n'a pas permis de les fondre dans le nouveau texte. Des renvois y seront faits fréquemment.*

*L'évolution scientifique s'appuie nécessairement sur l'accumulation des connaissances déjà acquises. Un progrès nouveau n'est possible que si l'ensemble de ces acquisitions antérieures forme un marchepied suffisant pour atteindre un nouvel échelon. La solution du problème de la vie ne saurait échapper à cette nécessité; elle devra se présenter, elle aussi, tout naturellement en son temps et à son heure. Il est dès maintenant permis de se demander si cette heure n'est pas proche.*

E. Préaubert.

Cette nouvelle étude a été présentée à la *Société d'Etudes Scientifiques d'Angers*, dans la séance du 5 avril 1917.

## CHAPITRE I

### Le dynamisme vital et son substratum

Il apparaît comme très vraisemblable que les manifestations vitales ne sont que la résultante d'un dynamisme intime, profond, caché, qui échappe à nos sens, même pourvus d'instruments explorateurs; nous ne voyons que la façade d'un édifice dont l'intérieur, inaccessible, renferme le système moteur; ainsi, le mouvement des aiguilles d'une montre est la résultante du machinisme intérieur [1].

La mort anéantit ce dynamisme intime et il ne reste plus qu'une ruine, où désormais règnent les seules lois du monde physique.

Quand le dynamisme vital est en action, il se manifeste en contrecarrant à chaque instant le déterminisme physique; on peut dire que l'être vivant est en contravention constante avec les lois physiques; et c'est même à cela que l'on reconnaît la vie; le cadavre obéit ponctuellement au déterminisme physique; pendant la vie, au contraire, le processus biologique est tout autre et semble être régi par une cause indépendante du monde physique. Prenons un exemple banal, une mouche grimpant le long d'une vitre de fenêtre; c'est là une chose si souvent vue que nous n'y attachons aucune attention et que jamais l'idée ne nous viendrait que la constitution de l'Univers puisse être mise en cause à propos d'un phénomène d'apparence aussi futile. Et cependant, cette mouche est en contravention flagrante avec les lois de la pesanteur, qui veulent la chute vers la terre de tout corps pesant; d'ailleurs, si nous tuons la mouche, nous la voyons tomber effectivement vers le sol : vivante, elle est en défaut; morte, elle rentre dans la règle. Si encore elle parcourait sur la vitre une ligne géométrique bien définie, on pourrait espérer que la physique ou la mécanique donnerait l'explication de ce

[1] Voir l'*Annexe*, ch. IX : Les hypothèses relatives à la vie, p. 122 et suiv.

déplacement. Mais il n'en est rien; l'insecte se meut, en effet, d'une façon tout à fait arbitraire, et en se jouant, semble-t-il, de toutes les prévisions tirées du monde purement physique.

Il manifeste ainsi une propriété qui, au point de vue physique absolu, apparaît comme une monstruosité, à savoir : *une volonté libre au milieu d'un monde fatal* ! [1].

D'autre part, on ne peut rattacher à aucune règle du monde physique le développement si surprenant de l'être vivant depuis la cellule initiale jusqu'à la forme adulte, ni expliquer en aucune façon par les lois de la matière minérale pourquoi les cellules initiales, qui semblent être tout d'abord identiques, vont évoluer vers des êtres adultes si prodigieusement variés, si profondément dissemblables. Et quand on songe que ces édifices si merveilleusement construits vont à un moment donné être frappés de mort, et qu'il ne restera bientôt plus d'eux que des débris informes et de la pourriture, on peut se demander si on n'est pas sous l'impression d'un mauvais rêve, pendant lequel les lois de la Nature seraient suspendues.

Les phénomènes chimiques, qui se déroulent dans les organismes vivants, accusent, eux aussi, une dérogation violente aux tendances naturelles. Le dynamisme vital entraîne les éléments malgré eux vers des combinaisons extraordinairement compliquées, qui ne se produisent jamais d'elles-mêmes, que le chimiste a les plus grandes peines à réaliser et qui ne sont pas stables; aussi, après la mort, les éléments s'empressent-ils de redescendre les échelons de cette structure trop complexe, et de retourner vers leurs formes simples primitives. On dirait une folie de construction de choses fragiles et périssables : ainsi ces temples merveilleux de l'Inde qui, abandonnés de leurs prosélytes, s'effritent, s'éboulent peu à peu, et se transforment en pierres informes et en poussière !

Non seulement les éléments chimiques sont ainsi entraînés en des combinaisons inusitées dans le monde minéral, mais en outre ils sont obligés de revêtir une structure également inusitée dans ce même monde : c'est la structure colloïdale.

[1] Cette question sera étudiée en détail dans le développement du ch. IV, p. 64. Il n'est pas étonnant que, pour expliquer une pareille dérogation aux lois du monde physique, l'on ait imaginé des théories d'après lesquelles le principe vital serait totalement distinct de la matière; ce sont le spiritualisme, l'animisme, le vitalisme.

Tandis que dans le domaine minéral les corps sont nettement solides, liquides ou gazeux, en biologie, au contraire, on voit dominer des corps qui ne sont ni solides, ni liquides et qui se laissent distendre étonnemment par absorption d'eau; tel est le cas de tous les tissus vivants, et de la plupart des substances qu'on en extrait.

A la vérité, dira-t-on, on connaît des substances minérales sous la forme colloïdale, par exemple, les métaux colloïdaux actuellement employés en médecine. Mais on peut répondre que ces substances sont obtenues par l'industrie humaine et que l'industrie humaine est la suite naturelle du processus biologique. En conséquence, on peut formuler cette conclusion, qui peut paraître tout d'abord étrange, mais qui est parfaitement soutenable, à savoir que : *sur une planète où la vie n'existerait pas, l'état colloïdal n'existerait pas non plus !*

En résumé, si l'on se place uniquement au point de vue de l'ordre physique, on peut, en poussant l'expression jusqu'à la forme paradoxale, dire : la vie est un scandale et la mort est le retour à l'ordre [1].

Comment se fait-il que, au milieu d'un monde physique régi rigoureusement par des lois mathématiques, un système dynamique puisse à chaque instant déroger à ces lois immuables et, semble-t-il, les méconnaître? Si pareille chose existe (et l'expérience est là pour le démontrer), il faut de toute nécessité que le Monde immense, que la matière universelle soient construits autrement qu'on ne l'avait imaginé anciennement; il faut que la constitution de l'Univers soit telle qu'elle rende compatibles simultanément d'une part *l'ordre physique* et d'autre part ce qu'on pourrait appeler *le contraire de cet ordre*, c'est-à-dire, *la vie.*

[1] Deux savants français, le botaniste Dutrochet et l'anatomiste Bichat, ont exprimé une opinion analogue. Ils considèrent la vie comme une anomalie vis-à-vis des lois de la Nature, et ils pensent que cette anomalie ne saurait subsister longtemps, les lois de la Nature reprenant vite le dessus.

Personnellement je ne saurais admettre cette dernière appréciation et je me refuse à comparer la vie à une déséquilibration temporaire, à la manière de la surfusion ou de la sursaturation. Dans son ensemble la biologie offre une assez grande stabilité, ainsi qu'en témoigne la persistance de la vie à travers toute la suite des âges géologiques. D'ailleurs, comme on le verra dans le courant de ce travail, il est possible de montrer que l'antinomie n'est qu'apparente entre la biologie et le monde minéral; mais il est nécessaire pour cela de substituer à des idées vieillies des concepts nouveaux, conformes aux progrès de la science moderne.

Et ainsi nous sommes amenés à chercher le moyen de concilier le dynamisme vital avec le dynamisme mondial, en ajoutant, si besoin en est, un chapitre nouveau à la cosmogonie de Laplace. En effet, la vie nous apparaît, au même titre que la gravitation universelle, comme une question mondiale.

Quel est cet étrange dynamisme qui contraste si violemment avec le reste du Monde? Dans une pareille question il y a deux choses complètement distinctes à considérer : 1° la nature du support du mouvement, la nature du substratum qui intervient; ainsi dans le son, c'est l'air, dans la lumière, c'est l'éther; 2° la nature du mouvement; dans le son, c'est une vibration longitudinale, dans la lumière la vibration est transversale. Dans le cas actuel, la connaissance du substratum offre un intérêt capital, dominateur. C'est donc par là que nous commencerons. La nature du mouvement ressortira de l'étude d'ensemble.

Les physiciens sont habitués à compter tantôt avec la matière pondérable constituée par les éléments connus en chimie, et tantôt avec un substratum de nature toute différente, infiniment plus subtile et déliée, l'ultramatière formée soit par l'éther seul, soit par les électrons ou corpuscules électriques, baignant dans l'éther. De très nombreux physiologistes modernes inclinent à trouver dans les réactions de la matière chimique le mot final de l'énigme. Des objections très graves ont été faites à ce système, qui n'est qu'une forme du matérialisme [1]. Je me contenterai ici de dire que la matière pondérable nous montre partout une soumission absolue au déterminisme physique, et que nulle part elle ne présente cette liberté, cette indépendance d'allure si caractéristique de la vie. Nous sommes certainement bien plutôt tentés de situer la vie dans l'autre substratum, dans la matière subtile, à laquelle on attribue actuellement la plupart des grandes manifestations de la Nature.

Une autre interprétation, dite spiritualisme, attribue la vie à un principe immatériel, qui, n'étant nullement soumis à l'étreinte de la matière, pourrait précisément posséder ces caractères d'indépendance, que nous avons reconnus à l'être vivant. En outre, ce principe survivrait, dit-on, à la destruction du corps.

[1] Voir l'*Annexe*, ch. IX : Les hypothèses relatives à la vie, p. 123.

Malheureusement cette interprétation se heurte à des objections graves. D'abord on ne voit pas bien comment un principe immatériel peut être retenu prisonnier dans la trame protoplasmique d'une cellule, et comment il doit attendre la mort de cette cellule pour se libérer. Il est vrai que certaines écoles ne s'embarrassent pas de cette difficulté et proclament que l'âme peut à son gré, dans certaines circonstances, s'extravaser hors de la barrière matérielle et vaguer librement dans l'espace; et elles échafaudent sur ce postulatum des théories extraordinaires, telles que la théorie de l'extériorisation de la personnalité, du dédoublement de l'individualité, du corps astral, etc.; on peut ranger dans ce même groupe la théorie de la télépathie. Comme toutes ces choses sont controversables et fortement controversées, et que leur réalité peut être révoquée en doute [1], je ne m'y arrêterai pas.

Une autre objection capitale s'appuie sur l'impossibilité où se trouve un principe immatériel quelconque (en supposant qu'il puisse exister) d'agir sur la matière. En effet, toute action d'un système sur un autre système se réduit, en dernière analyse, à une communication du mouvement. On peut distinguer à cet effet les communications massives de mouvement, et les communications de mouvement par commande.

Nous avons un exemple des premières dans le transport d'énergie d'une station centrale génératrice à des stations d'utilisation à l'aide soit d'eau sous pression, soit d'air comprimé, soit de courant électrique. Dans le second cas de la communication par commande, la quantité de mouvement communiqué est toujours très faible et disproportionnée avec l'effet produit; c'est ainsi que le mécanicien d'une locomotive, par un simple jeu de leviers, de clefs, de robinets, etc., pourra faire avancer, reculer la masse énorme du train tout entier, accélérer ou retarder sa vitesse, etc. Les commandements transmis par tuyau acoustique, téléphone, télégraphe avec ou sans fil, sont du même ordre; et l'énergie qu'ils mettent en jeu est généralement minime par rapport aux effets qui peuvent en résulter.

On peut admettre, si l'on veut, que ce soit à cette dernière

[1] Voir ch. III, p. 57, la note au bas de la page, et ch. XI de l'*Annexe*, p. 180 et suiv.

catégorie d'actions qu'appartienne le rôle du principe vital. Mais encore ne pourra-t-il remplir ce rôle que s'il possède une certaine masse; une communication de mouvement, en effet, est fonction du produit $mv$ d'une masse par une vitesse. Si $m$ est nul, il n'y a plus de transmission, et un principe immatériel est condamné à rester indéfiniment inerte au milieu de la matière.

La gravité de cette objection a été si bien sentie par l'école néo-spiritualiste, que cette école s'est ingéniée à doter l'âme d'une certaine masse nébuleuse, capable de produire des apparitions de fantômes, de frapper des coups, de soulever des corps pesants, etc., etc. Cette même préoccupation d'une certaine matérialité vaporeuse de l'âme se rencontre également dans les dogmes religieux [1].

En bonne logique, il est impossible d'expliquer la biologie à l'aide d'un principe immatériel. Mais il est, peut-être, loisible de rajeunir la théorie spiritualiste en substituant au concept du *principe immatériel* le concept d'un *principe infiniment peu matériel*, d'un principe qui soit sur la limite entre la matérialité et la non matérialité. Ce principe, ne possédant qu'une masse $m$ infiniment petite, ne pourra produire une communication de mouvement, $mv$, appréciable qu'autant que la vitesse $v$ soit très grande, de telle façon qu'il y ait compensation et que le produit $mv$ ait une valeur pouvant être faible, si l'on veut mais, en tous les cas, différente de zéro. Une âme ainsi constituée apparaîtra non pas, peut-être, comme une force efficiente capable de produire de grands efforts, mais comme une force occasionnelle pouvant déclancher des énergies potentielles prêtes à agir.

Grâce à ce stratagème, le spiritualisme légèrement matérialisé pourra être conservé dans ses grandes lignes. Mais qu'on ne s'y méprenne pas, on aboutit ainsi à la théorie électrique. En effet, qu'est-ce qu'un principe pouvant agir, malgré une masse infiniment petite, mais grâce à une très grande vitesse, si ce n'est un *électron*? On pourrait même dire que c'est la définition propre de l'électron. Le substratum du dynamisme vital serait donc la matière électrique.

[1] Il est, en particulier, intéressant de constater dans les écrits de saint Paul, qui est considéré comme l'organisateur du christianisme, une préoccupation constante de la nature matérielle de l'âme dans l'autre monde; quelle sera sa forme, sa consistance? conservera-t-elle les caractères de sexualité, etc..?.

Cette conception d'un dynamisme électrique n'est point faite pour déplaire à la pensée. Il est certain que l'explication matérialiste pure des phénomènes vitaux, se basant sur le jeu de la seule matière chimique, apparaît comme absolument insuffisante. On a le pressentiment qu'il y a autre chose, qu'il y a un autre agent. Dans le monde physique, l'électricité, avec sa merveilleuse plasticité, avec son ascendant si marqué sur le reste de la matière, se présente seule comme pouvant être cet agent hypothétique.

Thalès de Milet, auquel on attribue les premières constatations électriques, concluait à une corrélation probable entre ces phénomènes et les manifestations de l'âme. Mais c'est surtout avec les célèbres observations de Galvani que l'on voit réapparaître intensement cette préoccupation des analogies entre la vie et l'électricité. Et, bien que jusqu'à ce jour aucune théorie satisfaisante ne soit encore apparue, on peut cependant dire qu'un pressentiment persiste dans l'esprit de tous les physiologistes, au sujet de l'intervention de l'électricité dans les processus vitaux.

Et qu'y a-t-il d'étonnant à cela? Les physiciens nous montrent que tout se résout finalement à une question d'électricité : la masse est d'ordre électromagnétique; les atomes sont des agrégats d'électrons; les forces pouvent s'expliquer par des actions électriques ou électro-magnétiques transmises par l'éther. S'il en est ainsi, comment la vie échapperait-elle à la règle universelle?

Quand le courant électrique traverse un électrolyte, il sépare sur les électrodes des éléments, qui souvent ne seraient pas séparables autrement; si le courant cesse, ces éléments se recombinent peu à peu et le premier état de chose se rétablit; c'est le principe même des accumulateurs. De même le dynamisme vital entraîne la matière dans des combinaisons chimiques extraordinaires, dans une structure architecturale, dans une évolution, qui n'ont aucune ressemblance dans le monde physique. Après la mort, tout retombe peu à peu vers l'état premier. Dans l'un comme dans l'autre cas, la grosse matière est entraînée par une puissance différente d'elle, qui lui est supérieure, qui la domine : c'est l'électricité !

Ainsi donc, de quelle que façon que nous envisagions la question, nous sommes amenés à voir dans la matière électrique le substratum du dynamisme vital.

## CHAPITRE II

### Les deux déterminismes

Comme nous l'avons vu, l'être vivant nous apparaît comme un indiscipliné vis-à-vis des lois du monde physique; et c'est même à ce caractère que, dans les cas douteux, de léthargie, de mort apparente, chez l'homme, etc., nous faisons appel pour nous prononcer définitivement : si le corps n'est plus soumis qu'au seul déterminisme physique, c'est qu'il est bien mort; dans le cas contraire, c'est que la vie existe encore. L'être vivant possède donc bien, par le fait même de la vie, une indépendance d'action vis-à-vis du monde physique ambiant. Je ne puis trouver à cet état de choses d'autre explication que la suivante : tandis que le corps non vivant est soumis uniquement au déterminisme physique, l'être vivant serait soumis, en outre, à un autre déterminisme indépendant du premier et que j'appellerai le déterminisme psychique. Ainsi le corps minéral est unidéterminé, le cadavre est également unidéterminé; mais l'être vivant est bidéterminé. Les seules lois du monde physique demeurent dès lors insuffisantes pour expliquer sa façon d'agir [1].

Pour donner suite à cette conception, il devient nécessaire de distinguer dans l'être vivant deux substratums matériels se partageant les deux déterminismes, substratums indépendants l'un de l'autre et cependant liés l'un à l'autre; le premier

[1] L'explication, que je propose ici, est en opposition formelle avec la plupart des systèmes qui ont été présentés pour expliquer la vie; ces systèmes admettent généralement que le psychisme n'apparait que dans les régions les plus élevées de l'évolution biologique. Cependant, il convient de dire que la thèse, par moi présentée, a déjà été soutenue par H. S. Jennings, de New-York, dans *The Behavior of the lower organisms*, 1906, à propos de ses recherches sur les infusoires ; d'après lui, un fossé sépare le monde vivant du monde minéral; mais dès que la vie apparaît, la chaîne est continue depuis l'être inférieur, l'amibe, jusqu'à l'homme. — Cette thèse rentre dans ce qu'on a appelé le panpsychisme, mais à condition que l'on ait en vue uniquement les êtres vivants, et non le monde physique.

est la matière chimique constituant la masse de l'être vivant et qui se retrouve intégralement dans le cadavre; le second serait l'ultramatière.

Nous avons vu, dans le chapitre précédent, la vraisemblance de l'intervention de l'ultramatière; je dirai plus, l'obligation où nous sommes d'en tenir compte. Toutefois, nous nous heurtons dès l'abord à une difficulté grave; c'est que, dans toutes ses manifestations physiques (électricité, magnétisme, optique) l'ultramatière obéit, elle aussi, rigoureusement au déterminisme physique. Il faudrait donc imaginer un îlot d'ultramatière qui fut soustrait à ce déterminisme. Disons tout de suite qu'une semblable supposition n'est point incompatible avec nos connaissances actuelles sur la matière. Nous savons, en effet, que le groupe d'électrons, constituant la masse interne de l'atome, jouit d'une indépendance absolue vis-à-vis du monde extérieur. Il suffirait donc que ce groupe d'électrons, qui en temps ordinaire fait bande à part, fut amené par des circonstances particulières à s'ingérer dans l'administration du monde extérieur; et de cette ingérence même résulterait la vie.

On sait encore très peu de choses sur ce monde intérieur de l'atome, sur ce microcosme que l'on a comparé à notre système planétaire. Il semble bien démontré qu'en général il se désintéresse de ce qui se passe autour de lui. Toutefois, on peut signaler des exceptions; il interviendrait dans le rayonnement vibratoire (calorifique, lumineux, chimique; spectres d'émission et d'absorption des corps simples). Il est vraisemblable également que l'énergie, mise en jeu dans les combinaisans chimiques, a sa source dans les réserves formidables de puissance vive de l'intra-atomique, qui se comporterait ainsi comme le banquier énergétique du monde physique.

Dans l'incertitude où nous sommes encore actuellement sur le dynamisme de l'intra-atomique, il est parfaitement permis de formuler l'hypothèse que « la vie peut faire partie de ce dynamisme », sauf à fournir des preuves convainquantes à l'appui. Si nous arrivons à établir cette conviction, il ne nous restera plus qu'à transférer au substratum intra-atomique toutes les prérogatives que le spiritualisme accorde actuellement à l'âme considérée comme immatérielle. Ce sera cette légère, très légère matérialisation, dont il a été question dans le premier chapitre, matérialisation qui permet de tout

expliquer; et dès lors la biologie entrera dans une voie nouvelle, aussi grave qu'imprévue.

La question qui se pose maintenant est donc la suivante : Oui ou non, l'intra-atomique intervient-il en biologie? C'est ce que nous examinerons dans le chapitre suivant.

En attendant, passons en revue, à titre de curiosité rétrospective, les stades successifs de la recherche scientifique du siège de la vie. Anciennement on croyait la vie localisée dans certains organes, le cœur, la glande pinéale, etc.; ensuite on l'a recherchée dans les tissus organisés. Puis est venu le tour de la cellule, l'unité fondamentale de tous les tissus. Mais la cellule elle-même est un organisme bien compliqué : la connaissance de cet organisme ne semble pas donner la clef du problème. « L'étude de la cellule paraît, en somme, « avoir élargi plutôt que rétréci l'énorme lacune, qui sépare « du monde organique les formes même les plus basses de « la vie. »[1].

D'ailleurs, il est vraisemblable que la structure cellulaire n'est point indispensable au maintien de la vie élémentaire. On connaît, en effet, toute une catégorie de microbes invisibles[2], dont les dimensions ultra-microscopiques, beaucoup inférieures à $0\mu,1$, sont de l'ordre de grandeur des îlots de substances colloïdes flottant dans les solutions colloïdales. Ce seraient là les plus petits amas moléculaires vivants.

Il est permis de penser qu'une cellule normale est consti-

[1] E.-B. Wilson, *The cell in developement and inheriance*, cité par Bergson, dans *L'Evolution créatrice*, éd. 14e, p. 38.

Même trouverait-on dans le monde physique des analogies de structure, on ne serait pas pour cela beaucoup plus avancé; la meilleure preuve est que les analogies signalées n'ont point tranché la question; mentionnons-en quelques-unes : dans la cristallisation, notamment de l'eau, il se forme des centres, des noyaux cristallins assez ressemblants à l'arrangement cellulaire; lorsque certains liquides se préparent à la solidification, on voit apparaître la formation de tourbillons cellulaires; on obtient des cellules artificielles en mettant en contact deux liquides pouvant donner par réaction chimique un précipité membraneux, qui les sépare comme un diaphragme (voir Stéphane Leduc, *Théorie physico-chimique de la vie*, Paris, 1910). — Ressemblances plus ou moins lointaines, mais nulle part identité.

[2] Ce sont les microbes (ou virus) de la péripneumonie des bovidés, de la fièvre aphteuse, du horse-sickness, de la peste bovine, de la peste des oiseaux, de la clavelée, de la vaccine, de la fièvre jaune, de la rage, les microbes invisibles dans les pasteurelloses, le hog-choléra, la diphtérie aviaire. — Dr Albert Besson. *Technique microbiologique et sérothérapique*, 5e édit., Paris, 1911, p. 746 et suiv.

tuée par un nombre énorme de ces corpuscules vivants élémentaires, qui ne seraient pas nécessairement tous identiques et pourraient avoir une individualité propre, mais qui seraient tous solidarisés les uns avec les autres par un pacte fédératif commun. La cellule serait comparable à un véritable État formé d'individus non complètement semblables, mais de même nationalité et dont la capitale serait le noyau.

Dans la recherche du siège de la vie élémentaire il faudrait tout au moins descendre jusqu'à ces corpuscules ultramicroscopiques. Mais doit-on s'arrêter là? Non, car certaines observations récentes tendent à suggérer que la vie pourrait avoir pour support non seulement des corps quaternaires, comme les albuminoïdes, mais même des corps ternaires. Dans ces conditions, les albuminoïdes ne seraient plus le support indispensable à la vie; ce ne serait que le support optimum, et rien de plus [1]. La vie serait donc indépendante de la constitution de la molécule organique; il faudrait donc aller plus loin que cette molécule. Il conviendrait alors de poursuivre la marche descendante jusqu'aux atomes des

[1] Beaucoup d'animaux aquatiques, en particulier les *cœlentérés*, comportent dans leur constitution une quantité d'eau vraiment extraordinaire. Lorsque ces énormes Rhizostomes de nos côtes pesant plusieurs kilogrammes viennent s'échouer sur la plage, leur corps sous l'action du rayonnement solaire se réduit à une lame mince comme une feuille de papier; il semblerait que la matière organique ne fût qu'une chose accessoire dans leur constitution. Les méduses, les hydres, les béroës, les cydippes, les siphonophores, etc. semblent être *de l'eau vivante*. Il est vraisemblable que chez ces animaux l'énorme masse d'eau constitutionnelle ne joue pas seulement le rôle de corps interstitiel, distendant les mailles de la substance protoplasmique, mais qu'une partie au moins est vivante elle aussi.

Chez les végétaux destinés à vivre dans des stations sèches ou désertiques, tels que les crassulacées, les ficoïdes, etc., l'eau cellulaire résiste énergiquement à l'évaporation; mais, si la plante est tuée, la dessication est rapide la seule explication plausible est que cette eau faisait partie intégrante du protoplasme et était vivante comme lui.

A quel état, sinon à l'état vivant, peut bien être tout d'abord cette silice, qui va construire les charpentes si étonnamment élégantes des radiolaires et des éponges siliceuses? A quel état, sinon à l'état vivant, le calcaire destiné à être secrété sous forme de coquille par les foraminifères, ou par le manteau des mollusques? Ce n'est pas par un autre mécanisme que le bois dur, constituant la masse centrale de nos arbres, a d'abord été vivant, avant de servir d'organe inerte de soutènement.

En thèse généralisée, on peut soupçonner qu'une substance quelconque, quelle que soit sa composition, est vivante au moins momentanément, lorsqu'elle est admise par le protoplasme vivant et entraînée dans sa masse.



corps fondamentaux, H, C, N, O, etc.; et ces atomes joueraient dans les corpuscules vivants ultramicroscopiques les mêmes rôles que jouent les corpuscules dans l'organisation de la cellule. Et maintenant que nous sommes ramenés à l'atome lui-même, sommes-nous plus avancés pour cela? Evidemment non; car rien dans les propriétés physiques et chimiques des atomes ne nous donne aucune indication au sujet de la vie. Eh bien ! poursuivons plus loin encore, jusqu'à ce que nous soyons obligés de nous arrêter; franchissons l'enceinte de l'atome et pénétrons dans l'intra-atomique.

Là, du moins, nous trouvons une chose intéressante; nous trouvons un monde nouveau *indépendant du monde extérieur*; et c'est précisément cette indépendance qu'il nous faut pour expliquer la vie ! Nous atteignons donc enfin le véritable siège de la vie !

---

# CHAPITRE III

## L'intra-atomique et la biologie

Nous allons passer en revue les arguments dévoilant l'intervention de l'intra-atomique en biologie.

### 1° Le poids atomique

Dans le tableau ci-joint les principaux corps simples de la chimie minérale ont été classés suivant la croissance de leur poids atomique, et en même temps par catégories suivant la façon dont ils sont admis ou tolérés par l'organisme vivant.

La première colonne renferme les corps fondamentaux, dont le poids atomique ne dépasse pas 16; la seconde comprend les succédanés de ces corps fondamentaux, pouvant les remplacer partiellement et à dose modérée; leurs poids atomiques, plus élevés, n'atteignent toutefois pas 60. La troisième colonne contient les corps simples qui, existant normalement dans certains organismes, ne s'y trouvent cependant qu'en doses très faibles; leurs poids atomiques s'étendent de 63 à 137.

Dans la quatrième colonne se rencontrent des corps à poids atomiques élevés, qui normalement n'existent pas chez les êtres vivants. Cependant la thérapeutique moderne a montré que l'on peut obtenir des résultats curatifs remarquables en les introduisant dans l'organisme à très petites doses, exemple : le Mercure Hg = 200, spécifique bien connu l'Étain Sn = 117, employé avec succès dans le traitement de la furonculose, l'Antimoine Sb = 120, également médicinal, etc., ou à l'état de division extrême (métaux colloïdaux obtenus par l'arc électrique jaillissant dans une dissolution métallique), tel l'Argent Ag = 108; l'Or Au = 196; le Sélénium Se = 79, etc. Il est vraisemblable que, dans ces condi-

| CORPS FONDAMENTAUX | CORPS SUCCÉDANÉS acceptés en doses modérées | | | CORPS ACCEPTÉS seulement en très faibles doses | | CORPS TOLÉRÉS seulement en doses extrêmement petites | | CORPS RADIOACTIFS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fluor<br>Fl = 19 | | Chlore<br>Cl = 35,5 | Brome[6]<br>Br = 80 | Iode[6]<br>I = 126 | | | |
| | Lithium[2]<br>Li = 7 | Sodium<br>Na = 23 | Magnésium<br>Mg = 24 | Cuivre[7]<br>Cu = 63 | Zinc[7]<br>Zn = 65 | Argent<br>Ag = 108 | Platine<br>Pt = 194 | Uranium<br>U = 240 |
| Hydrogène[1]<br>H = 1 | Potassium<br>K = 39 | Calcium<br>Ca = 40 | Aluminium[3]<br>$Al^2 = 54$ | Rubidium[8]<br>Ru = 85 | | Or<br>Au = 196 | Mercure<br>Hg = 200 | Thorium<br>Th = 232 |
| | Manganèse[4]<br>Mn = 55 | Fer[4]<br>Fe = 56 | Nickel[5]<br>Ni = 58,5 | Strontium[9]<br>Sr = 87 | Baryum[9]<br>Ba = 137 | Plomb<br>Pb = 206 | | Radium<br>Ra = 226 |
| | Cobalt[5]<br>Co = 58,7 | | | | | | | Polonium<br>Po = 210 |
| Carbone[1]<br>C = 12 | Bore[5]<br>B = 11 | | Silicium<br>Si = 28 | | | Etain<br>Sn = 117 | | |
| Nitrogène[1]<br>ou Azote<br>N = 14 | Phosphore<br>P = 31 | | | Arsenic[10]<br>As = 75 | | Antimoine<br>Sb = 120 | | |
| Oxygène[1]<br>O = 16 | Soufre<br>S = 32 | | | | | Sélénium<br>Se = 79 | Tellure<br>Te = 127 | |

[1] Les corps fondamentaux présentent cette remarquable propriété d'exister à *l'état gazeux* dans l'atmosphère, à savoir, le Nitrogène et l'Oxygène à l'état libre, les trois autres à l'état de vapeur d'eau $H^2O$ et de gaz carbonique $CO^2$. Nous verrons l'importance de ce fait, lorsque nous aborderons la question d'origine.

Les corps rares de l'atmosphère, Hélium, Argon, Néon, Xénon, etc., ne sont point intervenus en biologie, d'abord à cause de leur rareté même et ensuite à cause de leur inactivité chimique.

[2] Quoique peu abondant dans la Nature, ce corps se retrouve dans les cendres d'une foule de végétaux, qui en absorbent les moindres traces (cf. Würtz, *Dict. de Chimie*, art. Cendres; Crié, *Anat. et Phys. végét.*, p. 78); il joue un rôle intéressant en médecine.

[3] L'Aluminium ne se trouve guère que dans les cendres des Lycopodiacées (Crié, *loc. cit.*).

[4] Manganèse, Fer, sont très fréquents dans le règne végétal, surtout dans les plantes aquatiques. La chlorophylle s'associe au fer. Ce métal, passant chez les animaux, se localise dans le sang, dans la rate, etc.

[5] Nickel, Cobalt, Bore, dans les Algues (Crié, *loc. cit*). — Le Bore, bien qu'ayant un poids atomique inférieur à celui du Carbone, ne joue en biologie qu'un rôle très effacé. On peut attribuer cela premièrement à ce que le Bore est très peu répandu, et deuxièmement à ce qu'il ne forme pas de produit gazeux, comme le gaz carbonique. Par contre, le Silicium, sous forme de silice, joue un rôle important dans un grand nombre de végétaux et chez certains animaux.

[6] Brome, Iode, surtout chez les Algues; se rencontrent dans la glande thyroïde.

[7] Cuivre, dans les cendres de plusieurs espèces végétales, notamment des graminées, de l'oranger, le hêtre, le pin; existe normalement dans le sang des mollusques. — Zinc, dans les cendres de *Viola tricolor*, var. *calaminaria*, de *Thlaspi alpestre*, var. *calaminarium*, qui servent à reconnaître les gisements de minerais de ce métal (Würtz, Crié, *loc. cit.*).

[8] Rubidium, dans les cendres de tabac, café, betterave (Würtz, *loc. cit.*).

[9] Strontium, Baryum, dans les algues (Crié, *loc. cit.*).

[10] L'Arsenic peut remplacer partiellement le Phosphore dans le règne végétal et le règne animal, notamment dans les os. Se rencontre normalement dans la glande thyroïde, dans les cheveux, les ongles.

tions particulières, ces corps eux-mêmes[1] sont entraînés dans le tourbillon vital; ils entrent, sans doute, en combinaison dans des protéines spéciales qui, transportées dans tout l'organisme, produisent un effet heureux à condition qu'elles soient en très minime proportion.

Enfin la dernière colonne comprend les poids atomiques les plus lourds, représentés par les corps radioactifs. Ces corps ont également donné en thérapeutique des résultats intéressants. Mais ces résultats sont imputables non pas véritablement à leur ingérence matérielle dans la substance vivante, mais bien plutôt au dynamisme de leur désintégration, au rayonnement qui en résulte et qui n'est pas sans analogie d'action avec les rayons X. D'ailleurs, le plus souvent ces substances sont employées en tubes clos, ce qui exclut de leur part toute ingérence possible. Chez ces corps peu stables les propriétés biologiques intrinsèques sont quelque peu problématiques.

Si nous laissons de côté cette catégorie de corps extrêmes, nous pouvons dire que tout corps simple est susceptible d'être entraîné dans le tourbillon vital, mais dans une proportion pondérale qui est, grosso modo, en raison inverse de son poids atomique. Le dynamisme vital peut donc entamer tous les atomes; les atomes légers se prêtent très bien à cet entraînement; les atomes très lourds s'y prêtent très mal, mais enfin ils n'y échappent pas complètement; les autres atomes se comportent intermédiairement.

Les atomes des corps entraînés dans le tourbillon vital séjournent un temps plus ou moins long dans l'organisme, participent à son dynamisme, puis sont éliminés. Ce sont comme des grains de poussière entraînés momentanément dans un cyclone, dans une trombe. Leur passage au travers de la vie aura ressemblé à une crise de fièvre chaude, dont ils sortent guéris, lorsqu'ils parviennent à s'échapper, ou lorsque la mort de l'organisme les libère de cette étrange contrainte. Les atomes de toutes catégories peuvent subir la contagion, mais ils présentent une réceptivité très variable; réceptivité maxima pour les poids atomiques les plus faibles, et tendant vers zéro pour les poids atomiques élevés.

[1] La pratique photographique montre que les métaux nobles, très divisés, sont beaucoup plus facilement attaquables par les agents chimiques qu'on ne pourrait tout d'abord le soupçonner.

Il est donc indéniable que la grandeur du poids atomique joue un rôle de premier ordre dans la question biologique.

Mais si l'on cherche maintenant à grouper les mêmes corps simples autour d'une autre caractéristique fondamentale, on n'arrive à aucun résultat. Ni l'état physique, ni les propriétés physiques générales relatives à la chaleur, l'électricité, le magnétisme, l'optique, ne fournissent aucune indication. Peut-être pourrait-on invoquer la densité? Mais elle marche en parallélisme avec le poids atomique, lui est corrélative et subordonnée. La chimie ne fournit rien non plus. A côté de l'oxygène et l'hydrogène, dont les affinités sont puissantes, se rencontre l'azote, qui n'entre en combinaison qu'à regret. Peut-on citer la valence de l'atome? Il est certain qu'une valence élevée permet des combinaisons chimiques très variées. Si l'azote (valence 5) et le carbone (valence 4) peuvent être considérés comme les pivots des substances quaternaires et ternaires, il n'est pas cependant démontré que la vie se localise plus spécialement en eux; ces corps semblent bien plutôt jouer le rôle d'un ciment réunissant ensemble des moellons chimiques hétérogènes.

La grandeur du poids atomique apparaît donc comme le seul facteur dominateur dans le choix des corps simples devant servir de support à la vie. On peut énoncer le fait ainsi : les atomes dont la population interne est peu dense se prêtent le mieux à la dynamique vitale; cette propriété va en diminuant, quand s'accroît le nombre des électrons internes de l'atome.

Après une telle constatation, il est bien difficile de mettre en doute que la vie ne soit localisée dans l'*intra-atomique*.

## 2° La cohésion vitale

Il n'est pas douteux que l'organisme vivant présente une sorte de cohésion toute spéciale et qui est indépendante des autres forces naturelles, telles que cohésion physique, affinité et valence chimiques, etc.; elle coexiste avec ces forces sans les altérer, mais en les dirigeant.

Au point de vue physique, c'est cette cohésion qui fait que l'être vivant est un tout, nettement séparé et distinct du milieu ambiant; elle établit son unité organique. Elle défend également cette unité contre les causes de destruc-

tion. Abstraction faite des moyens plus ou moins compliqués destinés à la conservation de l'individu, nous voyons cette défense être réservée uniquement à la cohésion, chez la plupart des animaux inférieurs,chez les plantes, chez les animaux supérieurs en période de vie ralentie, d'hibernation par exemple, chez l'homme en état de léthargie [1]. Sitôt que la mort a envahi l'organisme, immédiatement la ruine commence, l'édifice s'effondre, la putréfaction poursuit son œuvre. On dirait une construction dans laquelle le mortier aurait subitement perdu tout pouvoir de liaison; l'écroulement est inévitable.

La cohésion vitale provoque dans la matière chimique de l'être vivant un groupement moléculaire que n'engendre nullement la cohésion physique; c'est l'état colloïdal, état dans lequel les molécules constituantes peuvent être distendues énormément par de l'eau interposée, état qui diffère à la fois du solide et du liquide et qui est intermédiaire entre la rigidité de l'un et la fluidité de l'autre. C'est, en particulier, cette structure qui donne à l'animal la merveilleuse souplesse de tous les mouvements, qui s'accomplissent ainsi sans déchirure ni cassure. Tout organisme vivant est un agrégat colloïdal, et il ne semble pas que dans la Nature cet état spécial puisse être engendré autrement que par la vie.

Signalons quelques exemples bien typiques de l'action de la cohésion vitale. Les membranes organiques ont des propriétés fort différentes avant et après la mort. Ainsi la vessie urinaire, imperméable à l'urine pendant la vie, laisse filtrer ce liquide aussitôt après la mort. Aucune interprétation physique ou chimique ne peut être donnée de ce fait; la seule explication plausible est que pendant la vie les cellules limitantes *avaient la consigne* d'empêcher le passage du liquide; avec la vie, la consigne a disparu. Il ne reste plus qu'une membrane inerte, qui ne possède plus que les propriétés physiques d'un septum quelconque, qui n'obéit plus qu'à la seule cohésion physique.

On doit interpréter de la même façon ce fait que le tube digestif transforme, dissout les aliments et ne se digère pas

[1] La cohésion vitale intervient indéniablement dans la réparation des blessures, dans la reprise des fractures osseuses, dans la guérison après maladie. Les opérations chirurgicales graves lui portent momentanément une atteinte redoutable, connue sous le nom de *choc opératoire*.

lui-même; que les glandes qui secrètent les poisons, chez les animaux venimeux, ne s'empoisonnent pas elles-mêmes.

Les admirables constructions cristallines en filaments hyalins de silice que l'on rencontre chez les éponges siliceuses, chez les radiolaires, les merveilleuses ornementations des tests siliceux des diatomées ne trouvent en aucune façon leur interprétation dans le monde physique; il faut de toute nécessité qu'une cohésion autre que la cohésion physique soit intervenue dans l'arrangement des molécules de silice. Même conclusion dans les constructions calcaires des foraminifères, des polypes coralliaires, des mollusques. De même dans l'édifice organique si prodigieusement varié de l'être vivant on sent qu'une force toute spéciale de liaison est intervenue pour constituer une unité.

La cohésion vitale apparaît comme une force raisonnée, agissant en connaissance de cause et dans un but bien déterminé; en cela, elle diffère totalement de la cohésion physique.

Au point de vue psychique, la cohésion vitale assure l'unité de la personnalité, la personnalité étant considérée ici dans le sens le plus large et applicable à tout être vivant quel qu'il soit, homme, animal, végétal.

Pour expliquer cette unité organique et psychique, les physiologistes ont admis que, en outre des moyens généraux d'intercommunication, tels que les systèmes nerveux et vasculaires, il existait encore entre les cellules contigües des canalicules infiniment déliés, reliant ensemble leurs protoplasmes. Chez les Algues, le groupe des Caulerpées offre mieux encore : les cloisons cellulaires ont disparu et toutes les cellules communiquent ainsi à l'intérieur d'un énorme sac, qui forme la paroi limitante de l'organisme. Dans l'un comme dans l'autre cas, l'organisme tout entier se comporterait comme une seule cellule, comme un être uni-cellulaire. De même que pour toutes les autres propriétés biologiques, la question est ainsi ramenée à la cellule.

Quoique simplifiée de la sorte, la question n'est pas tranchée pour cela. Par ailleurs, il est impossible de trouver une solution satisfaisante, pour expliquer la cohésion cellulaire, dans les divers expédients qui ont été proposés, tels que tension capillaire, force osmotique, attraction des centres colloïdaux inégalement électrisés, etc. Les propriétés extra-ato-

miques sont impuissantes à expliquer cette cohésion; il faut faire appel à l'intra-atomique.

Voici notre explication: lorsqu'un groupe d'atomes a été atteint par le mouvement vital, les citadelles atomiques abaissent certains ponts-levis et une communication, la même pour tous, s'établit d'atome à atome, à quel que corps simple qu'appartiennent les atomes; et ainsi tous les atomes vivants sont réunis, sont solidarisés, les uns avec les autres, par un même flux dynamique, par une même impulsion, par un même mot d'ordre. Ainsi s'établit l'unité biologique, l'unité organique, l'unité psychique. Mais, si la mort envahit l'organisme, les ponts-levis se referment, les citadelles atomiques retombent dans leur isolement primitif, le flux dynamique qui les solidarisait s'éteint et la cohésion vitale disparaît. Au premier abord rien ne semble changé; mais bientôt l'écroulement de l'édifice s'accentue de plus en plus, le cadavre se décompose, tout est fini.

Empruntons une comparaison à la technique électrique. Considérons l'expérience classique du spectre magnétique d'un électro-aimant en fer à cheval placé sur un carton blanc; quand le courant électrique circule, la limaille de fer projetée vient s'orienter entre les deux pôles de l'électro-aimant en lignes de force fermant le circuit magnétique. C'est le même flux de force qui traverse l'électro-aimant et son spectre; et chaque particule de limaille est solidarisée avec celle qui la précède et celle qui la suit. *La cohésion magnétique* transforme l'ensemble en une *unité magnétique.* Et maintenant rompons le courant; il semble que rien ne soit changé; cependant ce n'est plus qu'un *cadavre magnétique.* Le moindre choc brouillera les lignes de force, que la cohésion magnétique ne maintient plus; l'unité magnétique a disparu. Ce parallélisme est véritablement saisissant. Remarquons, toutefois, une différence dans la finale. Chez l'électro-aimant, la mort magnétique est instantanée, lorsque le courant électrique est rompu. Au contraire, dans l'organisme vivant la mort est individuelle et successive pour chaque cellule, pour chaque atome; elle peut même n'être que partielle dans le cas de nécroses locales.

Et qu'on veuille bien aussi le remarquer. La comparaison n'est pas seulement superficielle et extérieure; elle se poursuit jusque dans l'essence même de la matière. Le magné-

tisme est attribué à des groupements dynamiques d'électrons, appelés actuellement *magnétons*, à la suite des travaux de M. Weis, et localisés dans la constitution même de l'atome magnétique. La vie se rattache vraisemblablement à un autre groupement dynamique des mêmes électrons. Ce groupement, au lieu d'être géométriquement défini et permanent comme est le magnéton, se présente au contraire avec un caractère de variabilité presque indéfini et, en même temps, de durée limitée, de fragilité.

En résumé, la cohésion vitale, qui est indéniable, s'explique aisément si l'on admet l'intervention de *l'intra-atomique ;* elle reste obscure et inexplicable en dehors de cette intervention.

### 3° La chimie biologique et l'affinité vitale

Les biologistes s'obstinent en général à considérer la vie comme une propriété inhérente au protoplasme et comme ne pouvant pas exister en dehors de ce substratum azoté, de composition très complexe et probablement mal définie. Toutefois, quelques doutes, encore timides, ont été formulés; on s'est demandé si les corps ternaires ne pourraient pas, eux aussi, servir de support à la vie.

Eh bien ! il y a lieu d'élargir le débat et d'établir ce point fondamental que, sous la réserve de certaines restrictions inévitables, *le substratum chimique du mouvement vital est, en principe, indifférent; les corps protoplasmiques ne sont autre chose que des stabilisateurs de ce mouvement*[1].

Les restrictions sont les suivantes : 1° les poids atomiques doivent être faibles; 2° les affinités violentes que les corps simples manifestent, quand ils sont isolés, doivent être neutralisées; ainsi le Fluor, le Chlore, le Brome, l'Iode, le Phosphore, le Soufre, ne peuvent être acceptés que sous le couvert neutre de fluorures, chlorures, bromures, iodures, phosphates,

[1] Inversement les toxines sont des substances incompatibles avec la conservation du mouvement vital. L'étude des toxines, antitoxines, anticorps, corps coagulants, etc., vitamines, est l'objet de nombreuses recherches dans les laboratoires de biologie et de bactériologie. Il semble bien que les particularités de la structure colloïdale jouent un rôle prépondérant dans cette question. Les propriétés des diastases ont probablement un point de départ analogue.

sulfates alcalins ou alcalino-terreux; 3° certaines structures chimiques dans les combinaisons des corps simples doivent être écartées, car elles constituent des poisons. On a fait remarquer, en particulier, que les substances organiques acceptées par les êtres vivants sont constituées par des *chaînes ouvertes* d'atomes ou de groupements atomiques; les composés à chaîne fermée ou composés cycliques ne sont pas tolérés, sont expulsés ou provoquent l'arrêt du mouvement vital [1].

Nous allons établir notre proposition en examinant avec attention le mécanisme de l'assimilation dans les deux règnes animal et végétal. Et d'abord réglons nettement le compte des diastases, qui jouent un certain rôle dans ce mécanisme.

Une diastase, comme la mousse de Platine, comme le Nickel pulvérulent ou autres agents catalyseurs, provoque, amorce ou accélère certaines réactions chimiques, qui sont dans les choses possibles, mais qui ont besoin d'un excitant pour se réaliser. La diastase est une cause occasionnelle, mais non une cause réellement efficiente; ce n'est pas elle qui fait les frais de la réaction; c'est ce qui explique la disproportion entre la masse minime de la diastase agissante et la masse considérable des corps transformés. Ainsi une partie de diastase de l'orge germé transforme, au minimum, 2000 parties d'amidon en glucose.

Mais, lorsqu'il s'agira de renverser la proposition, de revenir en arrière en contrariant les tendances chimiques, de remonter du sucre à l'amidon, ou si l'on veut au glycogène comme dans le foie, il faudra qu'une énergie étrangère intervienne pour provoquer la réversibilité de la réaction et la défrayer ; ici, c'est le mouvement vital.

Examinons en premier lieu chez l'homme et les animaux le passage, dans le sang, des aliments ingérés. Ces aliments ont d'abord subi l'action de diverses diastases, qui ont transformé l'amidon en glucose, la saccharose également en glucose, les corps azotés comme l'albumine en peptones, les corps gras en émulsion ou en saponification. Le tout se présente devant la paroi intestinale pour passer dans la circulation. Ici, tout le monde est actuellement d'accord

[1] *Revue Scientifique*, du 13 novembre 1915. — La structure moléculaire et la vie, par A. Pictet.

pour dire que ce passage ne ressemble en rien à une simple filtration physique, à une dialyse, à une transfusion osmotique à travers une membrane de parchemin. En effet, les peptones dialysables, absorbées par la paroi intestinale, sont rejetées de l'autre côté dans la circulation sanguine à l'état *d'albumine non dialysable*; il y a donc eu, comme je le disais tout à l'heure, une remontée en arrière de la peptone à l'albumine, en contradiction avec l'action du suc gastrique ou pancréatique. De même les corps gras saponifiés, après avoir pénétré dans la paroi intestinale, sont déversés en globules graisseux, c'est-à-dire, recomposés, dans la circulation lymphatique. Là encore il y a eu rétrogression. En un mot, le passage se résume en un processus d'assimilation du côté de l'intestin et de désassimilation du côté du système circulatoire.

A mon avis, il n'y a qu'une seule explication possible de cette transmigration de l'aliment; c'est la suivante. Aussitôt que le liquide intestinal a franchi la paroi limitante de l'intestin, les divers corps qu'il contient sont saisis, empoignés par le mouvement vital, et tous leurs atomes composants sont transpercés par ce mouvement; ils font alors partie de la masse vivante des cellules du tube digestif. Le mouvement vital entraîne ces nouveaux éléments vers la paroi opposée tout en les pétrissant, en les élaborant et en modifiant leur constitution physique ou chimique. Lorsqu'il les a conduit à destination, il les lâche sans vie dans les canaux circulatoires[1]. Ainsi, inertes avant, vivants pendant le trajet, les divers corps, minéraux, ternaires ou quaternaires, peu importe, retombent à nouveau inertes, après avoir été modifiés.

Nous voyons donc de la sorte que momentanément des subtances de compositions très différentes ont servi de substratum au mouvement vital. Il n'est point nécessaire du tout qu'elles soient de nature protoplasmique. Toutefois, elles ne sont vivantes que pendant un temps très court; le mouvement vital manque de stabilité dans leur masse; car il ne se maintient stable que dans le protoplasme proprement dit.

Cette conception s'accorde parfaitement avec l'idée de Cuvier, qui assimilait le dynamisme vital à un mouvement tourbillonnaire entraînant la matière pondérable. Celle-ci est successivement saisie, absorbée, rejetée; elle est cons-

[1] Le mécanisme est le même dans tout appareil sécréteur.

tamment renouvelée, tandis que l'unité du tourbillon reste immuable. La personnalité vivante est indépendante de la matière qui lui sert de support; la seule chose à retenir est que certaines matières jouent plus aisément que d'autres ce rôle de support.

Dans quel que point que ce soit de l'organisme, le processus d'assimilation et de désassimilation est exactement le même. Les diverses opérations du mouvement vital, les rétrogressions qu'il fait subir aux substances modifiées par les diastases, mettent en jeu des quantités notables d'énergie. A la vérité, il existe une certaine compensation; car si la création d'un nouvel élément vital exige l'absorption d'une certaine dose d'énergie dans la période d'assimilation, inversement sa destruction pendant la période de désassimilation restitue la même quantité d'énergie [1]. Mais, comme il y a toujours des pertes, soit par rayonnement dans le milieu ambiant, soit à cause de la production de travaux extérieurs, tels que les mouvements de l'organisme, l'énergie vitale s'éteindrait au bout d'un certain temps, si elle n'était ravitaillée par le monde extérieur.

Fort heureusement le mouvement vital possède cette remarquable propriété non seulement de recruter des éléments pondérables nouveaux, mais encore d'absorber et d'utiliser des énergies ambiantes disponibles. Chez les animaux, la source d'énergie se trouve dans la combustion respiratoire des aliments absorbés.

Chez les végétaux, cette source d'énergie existe également, mais il s'en ajoute une autre, l'énergie lumineuse, pratiquement la lumière solaire [2]. Le cas des végétaux est parti-

[1] Voir *l'Annexe*, ch. x : L'Énergie de vitalité, p. 129.

[2] Cette propriété ne doit nullement nous surprendre. Rappelons-nous que nous sommes en droit de considérer le monde intra-atomique comme le réservoir de l'énergie mise en jeu dans les réactions chimiques; on conçoit dès lors qu'entre l'extra-atomique et l'intra-atomique il puisse exister des échanges énergétiques, comme il en existe entre une banque et sa clientèle. D'autre part, les pouvoirs émissif et absorbant sont considérés comme des propriétés intrinsèques de l'atome : il n'est donc pas étonnant que l'énergie solaire puisse être utilisée immédiatement par le mouvement vital intra-atomique. Ainsi, aussi bien pour les animaux que pour les végétaux, le ravitaillement énergétique de l'organisme s'explique tout naturellement dans notre hypothèse du mouvement vital logé dans l'atome. Dans toute autre hypothèse, l'interprétation reste osbcure, si même elle n'est pas mpossible.

culièrement intéressant en ce sens qu'il rappelle la phase primordiale de l'apparition de la vie sur notre planète, puisque l'assimilation s'opère à partir des éléments minéraux primitifs. D'ailleurs, le mécanisme est toujours le même. L'eau et l'anhydride carbonique, introduits osmotiquement dans la cellule, sont empoignés par le mouvement vital et assimilés à la masse vivante; grâce à la lumière absorbée, qui fait les frais de la dépense énergétique, ils sont dissociés et leurs éléments sont répartis dans un autre ordre; puis finalement ils sont désassimilés, sous forme d'hydrate de carbone, amidon ou sucre, et d'oxygène. La chlorophylle sert à trier les radiations particulièrement efficaces, en supprimant les autres qui pourraient provoquer un effet contraire, et elle facilite grandement l'opération.

Les bactéroïdes, qui habitent les nodosités des racines des légumineuses, sont particulièrement dignes de retenir notre attention. Ici l'énergie est fournie uniquement par la combustion respiratoire des hydrates de carbone livrées bénévolement par la légumineuse. Grâce à cette énergie, le mouvement vital de la bactéroïde s'empare de l'azote atmosphérique et l'oblige, malgré sa résistance bien connue, à entrer en combinaison avec les hydrates de carbone; il en résulte un noyau azoté, qui servira de base aux substances quaternaires de la bactéroïde et de son hôte, la légumineuse.

Ainsi, comme aux premiers âges de la terre, les éléments minéraux primitifs, eau, gaz carbonique, azote, sont entraînés malgré eux vers les combinaisons supérieures de la chimie organique.

C'est que, là où est la vie, la chimie proprement dite n'est plus maîtresse de la place; c'est le mouvement vital qui commande ! Les chimistes feront sagement de ne pas méconnaître cette proposition. On l'a dit souvent : la vie n'est pas la suite de la chimie organique. La proposition inversée (la chimie organique, suite de la vie) serait plus près de la vérité.

En résumé, le mouvement vital amène progressivement la matière minérale, capturée dans l'ambiance, jusqu'à la structure protoplasmique, qui est la structure chimique se prêtant le mieux à la conservation de ce mouvement. De même l'homme peut à la rigueur vivre en plein air, mais il préfère se construire une habitation confortable, où il trouve satisfaction à ses besoins journaliers.

Disons quelques mots sur les substances protoplasmiques. Dans l'hypothèse où la vie serait une propriété chimique du protoplasme, il faudrait admettre qu'il pût exister autant de protoplasmes différents que d'espèces vivantes ou fossiles, ce qui amènerait à un total fantastique. Rien que cette considération doit nous mettre sur nos gardes. Mais il y a plus; c'est que l'expérience contredit formellement cette hypothèse. En effet, les corps ternaires extraits des animaux ou des végétaux sont les mêmes, toujours les mêmes, amidon, sucre, corps gras; les corps quaternaires oscillent autour d'un type commun : l'albumine; et, que l'albumine soit extraite des végétaux, ou de l'œuf de la poule, ou du sang des vertèbres, c'est toujours de l'albumine, la même albumine.

Lorsqu'un herbivore mange un végétal, et qu'à son tour il est dévoré par un carnivore, ce sont les mêmes substances ternaires et quaternaires, qui passent du premier au second et du second au troisième. Lorsqu'un architecte construit un nouvel immeuble avec les démolitions d'un ancien, il n'agit pas autrement; que ce soit masure ou palais, somme toute les matériaux sont les mêmes : pierres, mortier, bois, fer, etc. Mais ce qui est différent, bien différent, c'est le plan architectural; ce n'est pas le pondérable qui est différent, c'est l'impondérable. Dans le cas de la vie, c'est le mouvement vital, qui peut présenter les combinaisons les plus variées, les plus déconcertantes; ce n'est pas la matière chimique proprement dite.

Quant à ces substances multiples trouvées dans la trame des organismes végétaux ou animaux, et dont l'industrie humaine tire profit, telles que résines, caoutchouc, matières tinctoriales, alcaloïdes, gélatine, cuir, os, etc., etc., il faut bien reconnaître que toutes ces substances sont absolument comparables aux produits manufacturés dans nos usines. Le protoplasme, c'est l'usine; le mouvement vital, c'est l'ingénieur, c'est l'ouvrier. Dans toutes nos usines, ce sont sensiblement les mêmes matières premières qui entrent, charbon, métaux, acide sulfurique, matières végétales, etc. Mais suivant la *direction* que l'*ingénieur* imprimera à la fabrication, les produits manufacturés varieront du tout au tout. D'ailleurs, l'industrie humaine n'est que la suite, le prolongement, de l'industrie biologique.

Dans tout ce mécanisme apparaît avec une netteté merveilleuse cette dualité entre l'élément subtil, de nature supérieure, l'élément intra-atomique qui possède le commandement, et l'élément massif extra-atomique qui obéit, non sans quelque résistance, mais enfin qui obéit. Et nous allons retrouver encore ici une manifestation indéniable de cette volonté indépendante du déterminisme extérieur, qui caractérise l'être vivant, dans ce que j'appellerai l'*affinité vitale*, par opposition à l'affinité chimique proprement dite.

L'affinité vitale se manifeste, en premier lieu, dans ce fait que les plantes recherchent dans le milieu ambiant certains éléments minéraux qu'elles accumulent, semble-t-il, à plaisir, comme le collectionneur réunit le plus grand nombre possible des objets de sa prédilection. Le tableau du premier paragraphe est édifiant à cet égard, en ce qui concerne les algues; en particulier, les algues collectionneuses d'iode ont un intérêt pratique considérable. Un pied de tabac, planté dans un terrain où l'analyse chimique sera impuissante à déceler la présence du lithium, saura accumuler dans ces tissus des quantités notables de ce corps, qu'on retrouvera dans les cendres. Et qu'on ne vienne pas dire que ces corps si spéciaux sont rigoureusement indispensables à ces végétaux; car on les retrouve chez eux en quantités très variables suivant les circonstances ambiantes. De la même façon, les végétaux continentaux recherchent la potasse dans le sol, les plantes maritimes recherchent la soude. On connaît la distinction naturelle entre les plantes calcicoles et silicicoles, suivant qu'elles recherchent le calcaire ou la silice; cette affinité spéciale se traduit par une distribution toute différente de leur habitat.

Dans le règne animal, nous rencontrons des faits analogues; ainsi le fer s'accumule dans le système vasculaire et glandes annexes; le phosphore, la magnésie [1] dans le système nerveux; l'arsenic, le brome, l'iode dans la glande thyroïde.

Ces faits ne sont justifiables en eux-mêmes par aucune raison d'ordre chimique. Ils doivent être rattachés, à mon avis, à l'exercice lointain et obscur, mais néanmoins réel, d'un libre arbitre, d'une volonté agissant librement au milieu



[1] Pour cette dernière substance, voir Bull. de l'*Académie de Médecine de Paris*, avril 1918, nº 14.

d'un chimisme irresponsable. L'affinité vitale est voulue, tandis que l'affinité chimique est fatale.

Nous voyons encore l'affinité vitale intervenir, non plus sur des corps minéraux, mais sur certains corps organiques, notamment chez les animaux. La loi de la division du travail a assigné à chaque cellule un rôle particulier, absolument comme dans nos cités les diverses professions sont réparties entre divers groupes de citoyens; d'ailleurs, nos cités ne font que reproduire ce qui existe en raccourci dans la cité de cellules vivantes constituant le corps de l'homme et des animaux. Dans l'un comme dans l'autre cas, la division du travail se fait par une entente commune, par un consentement sans pression; et chacun, conscient de son rôle, exerce son métier de son mieux.

C'est ainsi que les cellules du rein se sont spécialisées, *avec une conscience organique de leur rôle*; en organe d'épuration du sang, et dès lors leur affinité vitale est dirigée vers l'urée, qu'elles arrêtent au passage pour la déverser dans les voies urinaires. De même dans le foie, les cellules hépatiques adapteront leur affinité à l'extraction de la bile du sang, et à l'immobilisation, sous forme de glycogène, de l'excès de glucose provenant de la digestion; et ainsi de suite pour tous les organes sécréteurs. Partout nous voyons apparaître l'intention, la volonté d'opérer dans une certaine direction en accord conscient ou subconscient avec le reste de l'organisme. Mais tout cela n'est pas de la chimie ordinaire; ou, si l'on veut, la chimie organisée n'est pas de la chimie organique !

Arriverait-on même à synthétiser l'albumine, que rien ne serait solutionné pour cela. D'ailleurs, les moyens employés par les chimistes et le processus synthétique de la vie n'ont aucune espèce de ressemblance.

Il suffit pour s'en convaincre de mettre en parallèle le processus vital et les procédés de laboratoires pour l'obtention de certains produits, qui ont pu être synthétisés, tels que l'urée, l'alcool, le sucre, le caoutchouc, etc. etc.; il y a un abîme entre les deux.

En résumé, la biologie apparaît comme un rébus indéchiffrable pour qui n'y veut voir qu'une question de chimie pure. Et, puisque le siège de l'impulsion directrice des phénomènes biologiques ne saurait être trouvé dans le monde

chimique proprement dit, qu'il ne saurait être, toutefois, en dehors de la matière chimique constituant l'organisme, il ne nous reste finalement qu'une seule solution possible à cette embarrassante question; cette solution, c'est d'admettre que le siège de la direction est à l'intérieur même de l'atome; et ici encore nous sommes amenés à faire intervenir l'*intra-atomique.*

### 4° L'action de la température

On a présentes à la mémoire les curieuses expériences exécutées récemment, grâce à l'emploi de gaz liquéfiés, dans les laboratoires de Pictet, Dewar, Kamerling Onnès, expériences dans lesquelles des graines ont pu être refroidies et maintenues fort longtemps jusqu'au voisinage du zéro absolu, sans pour cela perdre leur faculté germinative. Elles germent tout aussi bien que si elles n'avaient pas subi cette intense réfrigeration.

Ainsi le mouvement vital se conserve sans altération jusqu'au zéro absolu, pourvu que l'organisme soit dans un état tel que le froid ne puisse pas produire de détériorations, de lésions.

Au-dessus du zéro centigrade, la plupart des organismes vivants s'accommodent mal d'une température supérieure à 40°. Cependant certaines algues, les sulfuraires, se sont adaptées à des températures d'au moins 70°, dans les sources sulfureuses des Pyrénées. La plupart des bactériacées sont tuées par l'ébullition de l'eau; mais certaines d'entre elles ou du moins leurs spores résistent dans l'eau à 100°. Pour être sûr de tout détruire, on doit porter le liquide en autoclave au moins à 110°. On sait, d'ailleurs, qu'à partir de cette température les matières organisées subissent propressivement une liquéfaction, une gélification, qui les transforment profondément. C'est évidemment à cette cause qu'il faut attribuer l'arrêt de la vie; sans cela il est probable que la vie se conserverait encore plus loin, et que toute limitation est dûe, non à un arrêt propre de mouvement vital, mais à une détérioration du support matériel.

Quoi qu'il en soit, il est ainsi reconnu que la vie peut se maintenir depuis — 273° jusqu'à + 110°, c'est-à-dire, sur une étendue d'environ 400 degrés centigrades. La température

de 110° serait le point critique, lorsque le mouvement vital est contenu dans une substance protéique.

Dans le monde purement physique nous connaissons deux systèmes dynamiques, qui se comportent d'une façon analogue vis-à-vis de la température, ce sont la radioactivité et le ferromagnétisme.

L'expérience a montré que la désintégration du radium n'est nullement influencée par la température et que sa vitesse de destruction est la même au zéro absolu comme aux températures les plus élevées. Il est probable toutefois qu'il doit exister un point critique d'arrêt; car on ne comprendrait pas comment les corps radioactifs, qui sont instables dans les conditions actuelles, aient pu prendre naissance aux époques cosmogoniques antérieures. Mais ce point critique doit être beaucoup au-dessus des températures que nous pouvons réaliser.

Il est intéressant de rapprocher ainsi par un caractère commun, à savoir l'indépendance vis-à-vis de la température, d'une part les corps radioactifs, dont les poids atomiques sont les plus élevés, et d'autre part le dynamisme vital, qui n'est stable qu'avec les poids atomiques les plus faibles. On se trouverait ainsi en présence, semble-t-il, des deux manifestations extrêmes, antipodiques, de la matière intra-atomique.

Le ferromagnétisme est la propriété que possède le fer, ainsi que le nickel et le cobalt, de pouvoir prendre des intensités d'aimentation considérables, propriété utilisée dans les aimants et électro-aimants. Elle se conserve intégralement depuis les plus basses températures, pour disparaître assez brusquement quand on les chauffe jusqu'au point critique, qui est 750° pour le fer, 325° pour le nickel, 1145° pour le cobalt; au-delà il ne subsiste plus qu'un faible paramagnétisme. On admet qu'au point critique les métaux subissent une modification allotropique dans leur structure intime. J'ai déjà établi, à propos de la cohésion vitale, un intéressant parallélisme entre cette cohésion et le ferromagnétisme; la conclusion que je tirerai ici à nouveau sera la même : les éléments dynamiques ou magnétons, auxquels le fer doit ses propriétés, et le mouvement vital doivent être attribués au même substratum primordial.

En résumé, lorsque l'on abaisse la température des corps

pondérables jusque vers le zéro absolu par l'emploi des gaz liquéfiés, on voit leurs propriétés physiques ou chimiques, que j'appellerai propriétés extra-atomiques, varier dans des proportions extraordinaires et presque stupéfiantes. Au contraire, lorsqu'il s'agit de propriétés intéressant indubitablement la constitution intra-atomique, comme dans les cas de la radioactivité et du ferromagnétisme, il n'y a aucun changement. Lorsque la température se relève progressivement, la propriété se maintient intacte jusqu'à un certain point critique, où elle s'éteint brusquement. Or la vie présente précisément le même caractère; en conséquence, nous sommes autorisés à dire que la vie, elle aussi, a pour siège *l'intra-atomique.*

### 5° L'action de l'électricité

L'action de l'électricité sur les êtres vivants n'est pas douteuse; il s'est créé en médecine une branche nouvelle utilisant cette action, sous le nom d'électrothérapie; et d'autre part, en ce qui concerne les végétaux, les nouvelles pratiques, constituant l'électroculture, ont fourni des résultats intéressants et encourageants.

L'électricité peut agir de façons diverses. Il y a d'abord l'action chimique : les effets électrolytiques, les transports de matières chimiques par le courant, etc., sont, en effet, utilisés en médecine. En électroculture, la fixation électrique de l'azote atmosphérique rentre dans le même cadre. Il y a également des actions calorifiques, etc.

Je n'insiste pas sur ces phénomènes, qui peuvent être rangés aisément dans des catégories bien définies des phénomènes physiques proprement dits. Il est, au contraire, bien plus difficile d'expliquer pourquoi un courant lancé dans une glande provoque la sécrétion, dans un muscle la contraction, dans un nerf l'excitation nerveuse correspondante; pourquoi une plante, soumise à un champ électrique d'un courant alternatif à haute tension, présente une végétation plus luxuriante. Instinctivement nous sommes amenées à penser à l'existence d'une action inductive, de la part du courant employé, sur un certain système électrique contenu dans la constitution intime de la matière vivante. Cette interprétation est d'ailleurs conforme aux idées générales exposées

dans le premier chapitre; mais elle ne nous donne aucune précision sur le siège du dynamisme vital.

*Darsonvalisation.* — Il existe, toutefois, dans la technique électromédicale un mode opératoire, qui mérite à cet égard une attention toute spéciale; c'est la darsonvalisation.

Je rappellerai en peu de mots de quoi il s'agit. Les courants fréquemment interrompus, comme ceux d'une bobine de Ruhmkorff, ou les courants alternatifs, si souvent employés actuellement dans l'industrie, sont toujours douloureux, souvent dangereux et mortels; on sait de quelles précautions et recommandations on entoure les appareils transmettant l'énergie par courants alternatifs. On avait, toutefois, déjà observé anciennement que si l'on augmente indéfiniment la rapidité de l'interrupteur d'une bobine, l'effet fâcheux du courant induit, au lieu de suivre la même progression, finit par s'atténuer et devenir tolérable pour des fréquences de 30 à 50 mille par seconde, fréquences qui étaient alors le maximum du possible. En 1891, le physicien américain, Tesla, montra que l'on pouvait porter la fréquence à des centaines de mille et même des millions de fois par seconde, en rendant oscillante la décharge de la bobine par l'emploi de condensateurs réunis à l'aide d'une spirale ou bobine de self-induction.

Les courants ainsi obtenus, dits courants de haute fréquence, ne sont plus douloureux et ils peuvent traverser le corps humain avec des intensités invraisemblables, qui les rendraient infailliblement mortels, si la fréquence était faible. Au lieu de cela, ils produisent des effets heureux en thérapeutique, et sont maintenant d'un usage courant. M. d'Arsonval, qui a fait une étude approfondie de ces courants et de leurs applications, explique l'innocuité de ces courants en faisant intervenir le phénomène de résonance. Selon lui, la haute fréquence électrique serait du même ordre que la périodicité de certains mouvements vibratoires qu'il suppose exister chez les êtres vivants, et un accord pourrait intervenir, soit avec ce mouvement vibratoire même, soit avec l'un de ses harmoniques supérieurs ou inférieurs; dans ces conditions, la fréquence électrique ne troublerait plus le mouvement intime, comme la chose a lieu pour les basses fréquences.

Cette interprétation, donnée par ce savant éminent, peut

être acceptée en toute confiance; et, d'autre part, on ne voit pas quelle autre explication pourrait lui être substituée. En tous les cas, elle consacre l'idée de rattacher la vie à un mouvement périodique. Mais quel est le substratum de ce mouvement ?

On pourrait d'abord penser au mouvement oscillatoire moléculaire, qui caractérise la chaleur. Il y a lieu de l'écarter, d'abord parce qu'il n'est pas électrique et qu'il intéresse seulement la matière pondérable; et ensuite parce qu'il s'éteint au zéro absolu. Quand la vie s'éteint, elle ne se rallume plus d'elle-même, et à la remontée de la température on ne devrait plus trouver qu'un corps mort; or on sait qu'il n'en est rien.

Reste l'hypothèse d'un mouvement purement électrique, qui est beaucoup plus vraisemblable; et alors de deux choses l'une, ou il sera extra-atomique, ou intra-atomique. Or, il ne saurait être extra-atomique, car la matière vivante offre une grande résistance au courant électrique; un courant de circulation serait vite usé, et il serait impossible d'expliquer, comment, par exemple, des graines puissent conserver pendant des années, parfois même pendant des centaines d'années, leur propriété germinative et tout le processus biologique à l'état latent, à l'état potentiel, si le mouvement vital subissait la moindre altération. Il faut de toute nécessité que ce mouvement ne rencontre pas plus de frottement que n'en rencontrent les corps célestes composant un système planétaire; et immédiatement notre pensée se reporte à la seconde alternative, à l'intervention de ces électrons intra-atomiques, qui, baignant uniquement dans l'éther, roulent éternellement dans l'atome comme les astres sur leurs orbites.

Mais, objectera-t-on, à moins d'employer des moyens d'une puissance fantastique, nous n'avons aucune action sur le monde intra-atomique. Il est permis de répondre que, comme nous l'avons indiqué à propos de la cohésion vitale, pendant la vie, chaque atome communique avec les voisins par des sortes de traînées dynamiques allant de l'un à l'autre. Certaines monères sociétaires, se solidarisant entre elles par la rencontre des pseudopodes qu'elles émettent autour d'elles, nous donnent une idée de ces intercommunications. Ces traînées dynamiques, n'étant pas protégées par les enceintes fortifiées des atomes, sont susceptibles de se rompre sous les

chocs de vibrations non harmonisées et alors la vie s'éteint.

En définitive, nous pouvons, en thèse générale, nous représenter le monde intra-atomique comme un monde ordonné d'une façon immuable; toutefois, certaines modalités secondaires de mouvement peuvent s'y introduire. C'est ainsi que dans le fer, se refroidissant depuis les hautes températures, à partir de 750° et au-dessous, il se forme des associations dynamiques d'électrons, appelées magnétons, qui sont la cause du ferromagnétisme. De même, dans des circonstances que nous étudierons ultérieurement, un autre groupement dynamique peut apparaître avec des caractères tout différents, c'est le mouvement vital élémentaire, que j'ai désigné, dans ma première étude, sous le nom de *vortex vital*.

*Résistance électrique*. — Il est vraisemblable que la plupart des propriétés physiques des corps protoplasmiques subissent des modifications graves par le fait de la présence de la vie. On se heurtera, toutefois, dans leur recherche à de grandes difficultés expérimentales. Il est un cas, cependant, qui est d'un accès plus facile; c'est celui de la résistance électrique.

L'expérience montre que la résistance électrique est plus grande chez l'être vivant que sur le cadavre immédiatement après la mort [1]. La chose peut s'expliquer de la façon suivante : il y a lieu de distinguer d'abord la résistance ohmique, qui reste la même pendant la vie et immédiatement après la mort, car elle dépend uniquement des éléments chimiques qui constituent le corps; il y a, en outre, chez l'être vivant une résistance d'un tout autre ordre et qui dépend de la vie; elle disparaît avec elle.

Cette dernière résistance trouve, à mon avis, sa cause dans l'obstacle qu'oppose au passage du courant électrique un autre système électrique déjà préexistant, système qui n'est autre que la vie. On peut comparer, dans une certaine mesure, cette résistance spéciale à l'impédance ou résistance dynamique que présente une bobine de self-induction, dans laquelle un extra-courant contraire prend naissance, quand un courant tend à la parcourir. Par analogie lointaine, je désignerai sous le nom *d'impédence vitale* la résistance en

[1] Peu de temps après la mort, la résistance s'accroît considérablement par suite des modifications profondes, physiques et chimiques, que provoque la cadavérisation.

question. Il n'est pas douteux que cette impédence soit du même ordre que la cohésion vitale; au fond, elle en est un des aspects et son interprétation ne saurait être différente; elle provient, elle aussi, de l'intervention du dynamisme intra-atomique dans le monde extérieur à l'atome.

L'impédence vitale semble pouvoir varier dans les limites assez étendues, par exemple, du simple au double.

*Électrocution.* — Ce fait a été mis en lumière par les premiers insuccès que les américains ont essuyés dans l'application de l'électrocution comme peine capitale; on pourrait traduire la chose en disant : il faut une énergie électrique double pour électrocuter un malfaiteur, qui s'attend à son sort, que pour un honnête homme, non prévenu, inopinément touché par un conducteur à haute tension alternative. Le roidissement contre le sort fatal augmente incontestablement l'impédence vitale; ce qui démontre les connexions du psychisme avec l'électricité. De la même façon, des ouvriers électriciens, qui sont sur leur garde, peuvent supporter des décharges qui seraient mortelles pour d'autres.

Si l'énergie électrique mise en jeu est suffisante, l'impédence vitale est vaincue; la cohésion vitale se rompt et la mort se déclare brusquement. Mais alors l'énergie latente de vitalité, étant brusquement libérée, apparaît sous la forme dégradée de chaleur et l'on voit la température monter à un degré inusité. Cette *crise de fièvre chaude* après mort est, à mon avis, un des phénomènes les plus saisissants, les plus poignants qui puissent exister en biologie.

Cherchons à évaluer cette surélévation de température dans le cas d'une électrocution absolue et complète; ce cas se réalise sûrement dans certaines fulgurations naturelles, suivies très rapidement de décomposition cadavérique généralisée. Considérons un gramme de matière vivante; soient C sa chaleur spécifique, Q sa chaleur latente de vitalité, $\theta$ la surélévation thermométrique; étant donné que le phénomène est très brusque et que la déperdition de la chaleur par rayonnement peut être considérée comme momentanément négligeable, nous pouvons écrire que toute l'énergie libérée est employée à élever la température, nous aurons donc

$$C\,\theta = Q$$

d'où

$$\theta = \frac{Q}{C}.$$

Les déterminations expérimentales, consignées dans le chapitre X de l'Annexe [1], donnent comme valeurs approximatives : $Q = 6$ et $C = 0{,}8$; on en déduit :

$$\theta = 7^{\circ}{,}5.$$

Dans le cas de l'homme, dont la température normale est 37°, 5, la surélévation après mort atteindrait ainsi 45°, c'est-à-dire, un degré absolument inusité en pathologie, où la température mortelle ne dépasse pas 42°.

Je ne sais si les médecins américains, qui assistent officiellement aux exécutions capitales, ont eu leur attention attirée vers les phénomènes thermiques consécutifs?

En tous les cas, il était intéressant de soumettre la question au contrôle de l'expérience, en opérant sur des animaux d'une faible masse [2]. L'opération était conduite de la manière suivante.

L'animal est immobilisé sur une planchette à expérience; deux fils métalliques sont implantés dans deux régions, les plus éloignés, de la masse du corps. Ils servent d'abord à prendre la résistance totale avant l'électrocution. Ces fils sont ensuite reliés aux bornes d'une bobine de Ruhmkorff donnant environ 20 centimètres d'étincelles. Une aiguille thermoélectrique est plongée dans la masse viscérale; la déviation du galvanomètre est contrebalancée par une seconde aiguille identique plongeant, avec un thermomètre sensible, dans un tube métallique contenant de l'eau. On fait varier à volonté la température de l'eau à l'aide d'une faible source calorifique réglable.

On fait marcher la bobine; quelques secondes suffisent, une quinzaine au plus. On constate alors une élévation notable de la température, pouvant atteindre momentanément de 3 à 6 degrés environ. Cette élévation ne saurait être attribuée à l'effet thermique de la décharge électrique. En effet, en répétant ultérieurement le même passage du courant pendant le même temps, on constate un résultat en général insignifiant et qui, en tous les cas, reste inférieur à 1°.

Il y a donc bien eu libération de l'énergie de vitalité sous forme d'élévation de température de la masse de l'animal. Quant aux écarts assez considérables constatés pour

[1] P. 148 et 150.

[2] Le poids de l'animal ne dépassait pas une vingtaine de grammes.

cette surélévation thermique, ils s'expliquent aisément par la considération des corps inertes que renferme le corps. Un animal à jeûn donne un effet beaucoup plus appréciable qu'un animal semblable, mais gorgé de nourriture. En effet, cette nourriture ne dégage pas de chaleur par l'électrocution, mais au contraire elle absorbe pour s'échauffer une partie de la chaleur dégagée par les tissus vivants.

Chez les animaux à sang chaud, une autre cause contrariante réside dans le refroidissement, qui n'est plus contrebalancé par les combustions respiratoires. Les animaux à sang froid sont, à cet égard, d'une expérimentation plus aisée.

L'expérience réussit également d'une façon indéniable, quoique beaucoup plus faible, en opérant avec des tronçons de tiges de végétaux en pleine activité de croissance.

Aussitôt après l'électrocution, on procède à une nouvelle mesure de la résistance électrique, et l'on constate une diminution très notable. Cette diminution se tient dans les environs de 1/3 de sa valeur primitive; elle est essentiellement en relation avec la disparition de la vie [1].

Plus tard, on voit la résistance remonter et même dépasser de beaucoup la valeur primitive; mais il s'agit désormais d'un phénomène dépendant du processus cadavérique et dans lequel la question biologique n'a plus rien à voir.

Ainsi donc l'électrocution est caractérisée par une diminution brusque de la résistance électrique, et un brusque dégagement de chaleur. On a l'impression que quelque chose a

[1] On ne saurait imputer l'hyperthermie d'électrocution à l'excès de résistance que présente l'organisme au début et qui engendrerait un excès de chaleur. En effet, dans les conditions expérimentales indiquées, l'élévation de température est proportionnelle à la résistance. Nous avons dit que la même décharge traversant le cadavre produit moins de 1°. Admettons, par amplification, qu'elle produise 1°; comme la résistance baisse de 1/3 pendant la durée de l'électrocution, cette surélévation de 1° représenterait seulement les 2/3 de l'effet primitif, c'est-à-dire, 2 parties sur 3; le total s'obtiendrait en rajoutant $1/2 \times 1°$; mais comme la résistance baisse progressivement, il faut considérer sa valeur moyenne pendant cet abaissement; ce serait non plus $1/2 \times 1°$, mais $1/2 \times 1/2 \times 1°$ qu'il faudrait ajouter. L'élévation totale de température serait donc $(1 + 1/4)\,1°$, évaluation faite d'ailleurs par excès. Nous ne pouvons donc trouver ici l'explication d'une hyperthermie de plusieurs degrés. Il faut nécessairement qu'une autre source thermique intervienne, à savoir, la libération de l'énergie de vitalité.

été cassé dans le mécanisme animé et que la cassure est irréparable [1].

*Considération philosophique.* — L'électrocution offre un moyen réellement impressionnant et suggestif pour montrer l'existence de l'énergie latente de vitalité.

Conformément aux traditions anciennes, au moment de la mort il sort bien réellement quelque chose de l'organisme en voie de destruction; mais, ce quelque chose, c'est de l'énergie dégradée, c'est de la chaleur ! L'âme, le principe moteur de l'être vivant, se dissipe en chaleur. L'âme s'éteint la première; quand elle est dissipée, le corps privé de son lien d'ensemble se dissocie, se décompose et disparaît à son

[1] L'hyperthermie d'électrocution est de nature à jeter un jour nouveau sur l'hyperthermie de la fièvre elle-même, et il est facile d'établir un parallélisme entre les deux phénomènes. En effet, l'impédence vitale tend à faire obstacle au passage d'un courant électrique étranger; de même, l'influence régulatrice du système nerveux tend à empêcher les variations de la température du corps et, en particulier, son ascension au-dessus de 37°,5 chez l'homme.

Si cette résistance organique est rompue, c'est que, dans le premier cas, la décharge électrique est trop violente, et que, dans le second cas, le sang véhicule des toxines, contre lesquelles le système nerveux est impuissant. Dans l'un comme dans l'autre cas, il y a destruction du dynamisme d'éléments vitaux, par conséquent, libération de l'énergie de vitalité et élévation de température. Dans l'électrocution la destruction est totale et définitive; dans la fièvre elle est partielle et continue. Mais, comme les éléments vitaux se détruisent alors plus rapidement qu'ils ne se reforment, l'organisme est mis en danger, il s'use, il se détériore, il perd de son poids. La fièvre est l'antichambre de la mort; si l'intoxication est trop intense, la rupture des éléments dynamiques vitaux peut amener la température jusqu'à 42°, degré limite; mais alors la destruction des éléments vitaux est devenu désordonnée, le mécanisme ne peut plus fonctionner; le système nerveux s'arrête et avec lui le cœur et les poumons. La mort définitive commence. Il est dans les choses possibles que, même après cet arrêt, la température monte encore momentanément d'une façon sensible; on retrouverait ainsi l'hyperthermie après mort, comme dans l'électrocution.

Le mécanisme de l'hyperthermie fébrile trouve ainsi une explication très rationnelle. L'hypothèse d'une exagération des combustions respiratoires (et pourquoi cette exagération ??) est certainement en défaut. En effet, il n'est pas douteux que, dans l'occurrence, le système nerveux ne fasse tout son possible pour empêcher cette exagération; et d'autre part, vers l'extrême limite de 42°, alors que l'organisme devient défaillant et que la respiration va faire défaut, la température n'en continue pas moins à monter jusqu'à ce que mort s'en suive. Cela serait incompréhensible, s'il n'existait pas une cause thermique autre que la combustion respiratoire.

tour. Et ainsi apparaît magistralement toute la justesse de l'interprétation, donnée par Étienne Dolet, d'une phrase de Platon (Dialogues de Socrate) : « Σὺ γὰρ οὐκ ἔσῃ; *Car, quand tu seras mort, tu ne seras plus rien du tout* [1] ».

*Conclusion générale.* — De cet ensemble des réactions si étranges, si impressionnantes que présente l'être vivant vis-à-vis de l'électricité, il ressort incontestablement cette intuition profonde que la vie elle-même est de nature électrique; il ressort aussi cette conviction que la vie ne saurait être logée dans la substance chimique du cadavre, dans la trame de la matière pondérable. Il ne lui reste alors plus qu'un seul logement disponible : *l'intérieur de l'atome.*

### 6º L'action du magnétisme

Cette action n'est pas douteuse, à condition d'opérer avec des champs puissants. Elle a été observée, en particulier, par de nombreux expérimentateurs sur les sujets hypnotisables, chez lesquels le flux de force magnétique, traversant un organe quelconque, y provoque un afflux sanguin, la douleur, la contraction, etc., en définitive, des désordres. C'est même un moyen de diagnostiquer cette singulière prédisposition.

On a signalé également des troubles causés par un champ magnétique intense sur des organismes en voie de développement, graines en germination, œufs de poule en incubation [2]. Dans ces dernières années, j'ai pu suivre, au laboratoire bactériologique d'Angers, des cultures microbiennes en champ magnétique, comparativement avec des cultures-témoins placés hors du champ. Là encore des troubles ont été constatés dans l'évolution végétative et dans les propriétés virulentes.

[1] On sait que cette traduction valut à Étienne Dolet d'être condamné par les théologiens, exécuté et brûlé avec ses livres sur la place Maubert, à Paris, en 1546. — La Ville de Paris a fait élever, à l'emplacement même, un monument protestataire : statue d'Étienne Dolet sur son bucher; sur les parois du piédestal, inscriptions et bas-reliefs commémoratifs.

[2] J'ai moi-même constaté ces faits (voir Bulletin de la *Société d'Etudes Scientifiques d'Angers*, 1886, p. 13). — Le professeur Maggiorani a obtenu également des résultats semblables (*La Lumière électrique*, 1885, t. XVI, p. 472). — Voir l'*Annexe*, p. 185.

D'une façon générale, le magnétisme agit comme un élément perturbateur, mais toutefois à partir d'une intensité suffisamment grande du flux de force.

Comment faut-il interpréter ces faits? D'abord il faut écarter l'action chimique; car aucun fait bien certain dans ce genre n'a été signalé à l'avoir du magnétisme. D'autre part, les propriétés magnétiques des substances fondamentales, ternaires ou quaternaires, sont si faibles, que vraisemblablement elles ne sont pour rien dans les phénomènes observés. Je pencherais bien plutôt à trouver une explication dans une comparaison avec le phénomène de Zeeman, qui, lui aussi, nécessite des champs magnétiques intenses. Je rappellerai en peu de mots en quoi consiste ce phénomène, découvert en 1896.

On observe au spectroscope les raies caractéristiques d'un métal, en volatilisant ce métal ou un de ses sels dans la flamme d'un chalumeau de laboratoire. La flamme est placée entre les pièces polaires d'un puissant électro-aimant, dont l'axe est percé de façon à pouvoir regarder dans la direction des lignes de force. Quand le courant électrique actionne l'électro-aimant, certaines raies se dissocient au moins en deux autres. Dans la direction des lignes de force, il se forme un *doublet*, dont chaque composante est à égale distance de la ligne primitive, et donne de la lumière polarisée circulairement l'une dans un sens et l'autre dans l'autre. Dans la direction perpendiculaire à l'axe magnétique, la raie primitive est remplacée par des lignes multiples, souvent triples (*triplet*), polarisées rectilignement, les unes parallèlement aux lignes de force, les autres perpendiculairement.

De cet exposé sommaire retenons en bloc ce fait qu'un champ magnétique puissant est capable de provoquer une modification notable dans la structure intime de l'atome d'un corps simple. Et, puisque ce même champ magnétique provoque également des perturbations biologiques, n'est-il pas permis de soupçonner que la vie elle-même soit en connexion étroite avec cette structure intime de l'atome?

Cette conclusion est encore corroborée par une autre considération. La propriété magnétique d'un aimant ne nécessite aucune dépense d'entretien; elle se conserve d'elle-même indéfiniment. Il faut donc conclure que le mouvement magnétique élémentaire ne rencontre aucune résistance.

Il doit nécessairement, en être de même pour le mouvement vital élémentaire, qui se conserve sans altération et indéfiniment aux basses températures, comme il a été dit plus haut et dans beaucoup d'autres circonstances où la vie est suspendue (vie latente des graines, des animaux réviviscents, etc.).

Nous savons que les mouvements provoqués dans la matière pondérable, dans l'extra-atomique, s'éteignent très vite par suite des frottements, des résistances, des dégradations d'énergie; ce n'est donc point dans ce milieu qu'il faut chercher à situer le siège de la vie. Il nous faudra donc pour la vie, comme pour le magnétisme, porter nos recherches vers *l'intra-atomique.*

### 7° Les lois de la thermodynamique

Il est intéressant de rappeler que c'est une considération biologique, à savoir, la comparaison du moteur animé avec un moteur à feu, qui a amené, en 1841, le physiologiste Mayer, de Heilbronn, à énoncer le premier principe de la thermodynamique, le principe de l'équivalence, et à donner une première évaluation de l'équivalent mécanique de la chaleur.

Mais, si l'application de ce principe en biologie ne soulève aucune discussion, il n'est est plus de même pour le second, ou principe de Carnot, énoncé en 1834. Je rappellerai rapidement que Carnot est arrivé à cet énoncé, en comparant les moteurs à feu aux moteurs hydrauliques, et en montrant que, de même que la puissance disponible est intimement liée dans ces derniers à la hauteur de chute de l'eau d'un bief à l'autre, de même dans les premiers elle est liée à la hauteur de chute thermique entre la source chaude (chaudière de la machine à vapeur) et la source froide (condenseur de la même machine).

Or on voit tout de suite se dresser l'écueil de l'application du second principe en biologie; c'est qu'ici il n'y a ni source chaude, ni source froide; tout se passe à température constante. Faut-il en conclure, comme on l'a fait parfois, que le principe de Carnot n'a pas la généralité qu'on lui avait tout d'abord supposée? Je ne trancherai pas la question. Je pense bien plutôt qu'on a eu tort d'assimiler l'organisme vivant à un moteur thermique. Un moteur thermique est celui dans lequel le mouvement cinétique des particules gazeuses

(vapeur d'eau, air chaud, etc.) peut être transformé en mouvement de propulsion; dans ce cas le principe de Carnot est absolument de règle. Mais il peut exister d'autres moteurs : si l'on associe une batterie voltaïque à une dynamo réceptrice, on obtiendra un mouvement au dépens de l'énergie contenue dans la batterie, et cela sans chute thermique; parce que, dans ce cas, il ne s'agit plus du mouvement cinétique des gaz, il s'agit du courant électrique.

La question biologique paraît être bien autrement compliquée. Voici comment je la comprends : j'ai déjà dit que le mécanisme de la transmigration de l'aliment à travers la paroi intestinale me paraissait être un type très général de la dynamique physiologique, à savoir : une muraille cellulaire avec une face d'assimilation d'un côté et une face de désassimilation de l'autre.

Considérons schématiquement une muraille absorbant par la première face du sucre et de l'oxygène pour fabriquer un corps explosif, que j'appellerai de *l'oxy-sucre*, corps absolument comparable à la nitrocellulose des armes à feu; en effet, on pourrait tout aussi bien appeler cette dernière substance *oxycellulose*; car le nitrogène ou azote n'intervient ici que pour souder l'oxygène sur la cellulose. Des gargousses d'oxy-sucre sont incessamment fabriquées, et les nouvelles poussent les précédentes vers la face de désassimilation, qui en est tapissée. Sur un ordre donné, toutes les gargousses du rang extrême font explosion en même temps. On peut comparer ce système à une batterie d'artillerie, dont tous les canons présentent leur culasse d'un côté et leur bouche de l'autre.

Maintenant, découpons dans notre muraille schématique deux rondelles circulaires et appliquons-les, l'une sur l'autre, par leur face d'assimilation ; le ravitaillement s'opérera désormais par la tranche libre du disque ainsi constitué et par la pénétration, dans sa région centrale, du sucre et de l'oxygène nécessaires. Comme groupement d'artillerie, cela correspond à deux batteries dont les canons auraient leur culasse en regard et leurs bouches dirigées dans deux sens opposés, et tirant des feux de salve.

Ce que nous avons constitué ainsi n'est pas autre chose qu'un *disque obscure* des muscles striés; quand la déflagration s'opère simultanément sur ses deux faces, le disque

s'applatit; comme, d'autre part, tous les disques s'applatissent en même temps, le muscle est obligé de se raccourcir. On sait pertinemment que la contraction d'un muscle n'est pas un phénomène continu, mais qu'elle est dûe à un très grand nombre de contractions élémentaires se fusionnant en un effet persistant; il en résulte un état vibratoire décélé par le son caractéristique de la contraction du muscle. Et ainsi le phénomène élémentaire que nous avons décrit se répète plusieurs centaines de fois par seconde; c'est comme des batteries qui feraient des feux de salve à des intervalles extrêmement rapprochés.

La comparaison avec des bouches à feu peut être poursuivie encore plus loin. Les produits de désassimilation, dans les deux cas, sont la vapeur d'eau et le gaz carbonique; l'azote dans les deux cas (à l'état libre, dans le canon, à l'état combiné en urée, pour l'organisme) n'a joué qu'un rôle accessoire de liaison. Ces mêmes corps rejetés dans l'atmosphère dans les deux cas, sont repris par les végétaux qui, grâce à l'absorption de l'énergie solaire, font remonter leur potentiel énergétique en les rétablissant sous leur forme initiale de cellulose, de sucre, etc.; certaines bactériacées nitrogènes font remonter de la même façon le nitrogène à l'état d'acide nitrique. L'industrie humaine intervient pour fabriquer de l'oxycellulose; l'industrie du muscle intervient de même pour reconstituer l'oxy-sucre; et tout recommence.

Si l'on veut quand même et à titre de curiosité, retrouver dans ce mécanisme quelque chose ressemblant au cycle de Carnot, il faut dire ceci : le corps qui parcourt le cycle est un mélange de $CO^2$ et de $H^2O$; la source chaude est le soleil, qui remonte le potentiel énergétique du corps en question en le constituant à l'état d'oxy-sucre ou d'oxycellulose; ensuite se produit la période de détente, pendant laquelle le corps est ramené à l'état de $CO^2$ et de $HO^2$ et abandonné au milieu ambiant, qui représente la source froide. Mais il faut avouer que c'est là une comparaison bien lointaine et forcée, et que, si la vie n'est point une question de chimie pure, elle n'est point, non plus, une question de thermodynamique proprement dite.

Et, en effet, nous n'avons envisagé jusqu'ici qu'un côté de la question, le côté chimique. Il importe maintenant d'examiner le côté dynamique. Il est bien certain que l'oxy-

cellulose ne se produirait pas toute seule, sans l'intervention de l'industrie humaine; de même l'oxy-sucre sans l'activité vitale. Reprenons donc notre muraille schématique et étudions le processus dynamique entre ses deux faces.

Du côté de la face d'entrée, le sucre et l'oxygène sont saisis par le mouvement vital et transformés en matière vivante. Il a fallu pour cela la création, par prolifération, par gemmiparité, de nouveaux vortex vitaux, ce qui a nécessité une absorption d'énergie (énergie latente de vitalité). Cette énergie a été empruntée au mélange de sucre et oxygène qui, par un commencement de réaction exothermique, a fourni l'énergie nécessaire et s'est transformé dans la substance que j'ai appelé oxy-sucre. La gargousse procréée est donc de l'oxy-sucre vivant, et c'est le mouvement vital qui a décidé sa formation et son existence temporaire; elle progresse ainsi jusqu'à la face de désassimilation. Là, subitement, à un signal donné, cet édifice chimico-dynamique, peu stable, s'effondre. Le vortex vital se détruit en restituant son énergie de vitalité, et sa destruction entraîne celle du substratum, qui se résout en $CO^2$ et $HO^2$, avec libération d'énergie motrice.

Ainsi donc, ce processus n'est que secondairement chimique; mais il est, au contraire, essentiellement dynamique; il est même possible que la combinaison dite oxy-sucre ne puisse pas subsister en dehors du tourbillon vital. En conséquence, nous serons encore ici amenés à formuler une conclusion analogue à celle formulée pour la chimie biologique : il est impossible d'expliquer les phénomènes de mouvements biologiques par l'application des seules lois de la chimie; il est indispensable de faire intervenir un dynamisme qui n'est pas chimique, mais qui n'est pas non plus en dehors de la matière chimique, et qui, par conséquent, ne peut être logé que dans un seul endroit... dans l'*intérieur de l'atome* !

### 8° La transmission nerveuse

Un nerf et un muscle ne sont, en définitive, que deux évolutions différentes de cellules tout d'abord identiques; les phénomènes généraux doivent y être identiques, mais avec un ordonnancement différent. Dans le nerf les gargousses vivantes sont évidemment distribuées longitudi-

nalement et la transmission nerveuse devient comparable à la progression du feu dans un cordon Brickford pour inflammation de mines. Sa vitesse n'est comparable ni à celle de l'électricité, ni à celle du son; mais elle est de l'ordre de la vitesse avec laquelle se propage l'inflammation d'un mélange gazeux explosif contenu dans un tube étroit. Les gargousses se détruisent de proche en proche et sont immédiatement remplacées par une prolifération latérale des autres éléments vivants du nerf[1]. La transmission nerveuse reconnaîtra forcément la même cause première que la contraction musculaire, c'est-à-dire, l'intervention de *l'intra-atomique.*

### 9° La chaleur animale

Remarquons que dans toutes ces désassimilations, dans tous ces effondrements d'éléments vitaux, dynamiques et chimiques, l'énergie est en grande partie restituée sous forme de chaleur. Nous trouvons là l'origine de la chaleur animale et nous nous expliquons pourquoi un organe s'échauffe, quand il fonctionne. Chez les animaux à sang chaud, tous les organes subissent constamment une destruction partielle systématique, destinée à maintenir invariable la température du corps. On peut comparer cette immobilisation de la température à celle obtenue, dans les laboratoires de bactériologie, pour les étuves à cultures de microbes; dans ce dernier cas, le résultat est atteint par l'intervention de pyromètres réglant le chauffage; chez les animaux, c'est le système nerveux qui opère.

Dans l'un comme dans l'autre cas, il y a intervention d'un facteur psychique, c'est le choix de la température optima. Dans le laboratoire bactériologique, c'est le préposé qui règle le pyromètre et le contrôle de temps à autre; il opère en connaissance de cause et avec conscience de ce qu'il fait. Dans l'organisme, c'est le système nerveux, qui est à la fois chargé du mécanisme et du contrôle; il doit donc avoir la conscience de ses actes; il doit ainsi posséder une faculté qui n'appartient pas à la matière pondérable, la conscience. Il faut donc que chez lui intervienne un facteur autre que la matière pondérable. Ce ne peut être que *l'intra-atomique.*

[1] L'activité des centres nerveux s'expliquera par le même mécanisme.

## 10° L'appareil électrique des poissons

Nous nous trouvons ici en présence d'un problème très original, très inattendu, qui est le suivant : Un organe, qui était primitivement un muscle, perd ses facultés motrices et, du coup, se transforme en un appareil électrique lançant des commotions comparables à celles d'une bobine de Ruhmkorff; quelle est l'explication?

La structure est sensiblement la même dans la fibre électrique que dans la fibre musculaire striée; on y trouve des alternances de parties claires occupées par un corps gélatineux et de parties obscures constituées par l'organe dit lame électrique; cette lame est une transformation du disque moteur du muscle, dont nous venons d'étudier le mécanisme. Mais ici quelque chose attire immédiatement l'attention : c'est la dissymétrie de la lame électrique, alors que le disque moteur est parfaitement symétrique sur ses deux faces. Nous nous trouvons évidemment en présence d'une moitié seulement du disque musculaire, l'autre moitié a subi la dégénérescence scléreuse et s'est transformée en parchemin.

Voici d'ailleurs la description de ce disque transformé :

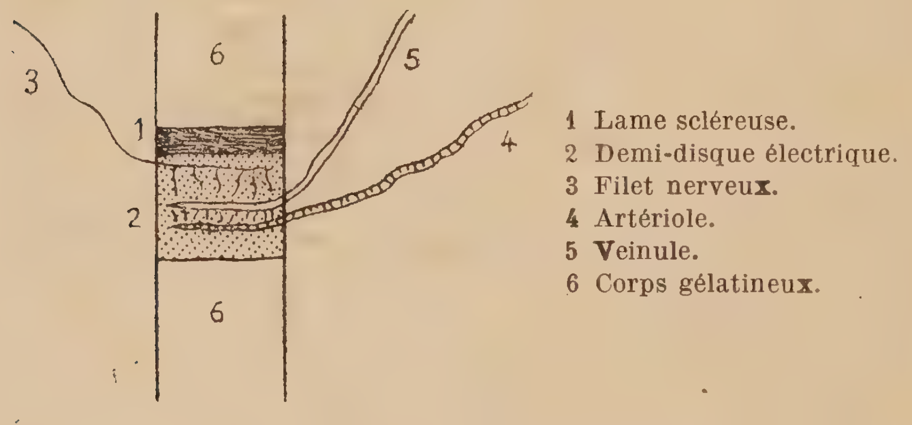



Schéma d'un élément électrique.

1° une lame inerte de tissu conjonctif ne jouant plus qu'un rôle de soutènement; sur sa face postérieure rien de particulier; cette lame représente un demi-disque transformé; 2°, sur la face antérieure de la lame, un lacis de canaux sanguins nourriciers, des terminaisons nerveuses du nerf commandant tout l'appareil; enfin une couche de matière protoplasmique recouvrant ces deux sortes de canalisations.

La région 2° nous offre incontestablement la structure de l'autre demi-disque ou encore de notre muraille vivante schématique, avec sa face d'assimilation du côté de la cloison et sa face de désassimilation du côté opposé, qui touche au corps gélatineux ; c'est donc bien une moitié du disque moteur. Lorsque le commandement nerveux arrivera, la désassimilation se produira du côté de la gélatine. Comme l'organe n'est plus adapté pour le mouvement, à cause de sa dissymétrie et de la rigidité des liaisons conjonctives, l'énergie se dissipera finalement en chaleur. Mais alors pourquoi y a-t-il une décharge électrique [1] ?

Qu'on veuille bien se reporter à mon premier mémoire, (*Annexe*, ch. x « La mort et l'énergie de vitalité », p. 165), on y lira ce que je reproduis ici textuellement : « De quelle que façon qu'on provoque la mort, on constate qu'un tissu qui meurt est toujours négatif vis-à-vis de celui qui survit ».

[1] Un intéressant essai d'explication physique de ce phénomène a été donné par M. d'Arsonval, en se basant sur les phénomènes électrocapillaires. Je résumerai rapidement la question : un tube de verre capillaire a été préalablement rempli d'eau acidulée par l'acide sulfurique; on l'enfonce verticalement dans un bain de mercure. D'une façon générale, le contact de ces deux corps hétérogènes engendre entre eux une certaine différence de potentiel. Mais dans le cas spécial de l'expérience, cette différence varie avec la courbure du ménisque qui les sépare dans le tube capillaire.

L'eau acidulée et le mercure du bain étant reliés par un fil conducteur, si l'on provoque un mouvement de va-et-vient de l'ensemble des deux liquides, par exemple, en enfonçant et en relevant le tube, on constate la production d'un faible courant alternatif, en correlation avec les changements de courbure du ménisque à cause du mouvement. Si dans ce mouvement de va-et-vient, la première phase est très brusque et la seconde lente, et si l'on imagine un très grand nombre d'éléments électrocapillaires disposés en série, le courant alternatif revêtira le caractère de la décharge d'une bobine de Ruhmkorff.

A cette ingénieuse interprétation je ferai les objections suivantes : 1° On ne trouve pas dans la structure d'une colonne de l'appareil électrique des poissons une hétérogénéité de matière comparable au contact *mercure-eau acidulée:* on rencontre seulement des corps protoplasmiques ou gélatineux, ou tendineux, de même composition chimique ou peu s'en faut, et dont la différence du potentiel au contact est nulle. 2° L'organe électrique est bien un ancien muscle; mais c'est un muscle qui ne se contracte plus, qui reste immobile; et, par conséquent, il ne saurait y avoir des changements de courbure dans les éléments qui le constituent actuellement.

En résumé, les deux causes fondamentales de l'électrocapillarité font défaut dans l'organe électrique.

Cette proposition résulte d'ailleurs de nombreuses constatations expérimentales. Nous obtenons ainsi une première satisfaction, et nous apercevons la loi qui régit la manifestation négative du côté gélatine et la positive du côté cloison. Mais notre curiosité ne s'arrête pas là, et nous nous demandons maintenant : pourquoi la mort provoque-t-elle cet effet électrique?

A l'époque où j'ai écrit mon premier travail, j'aurais été bien en peine de donner une raison plausible; je me contentais d'enregistrer la chose. Mais depuis, des faits nouveaux ont été constatés; le champ de nos connaissances s'est élargi, et je n'hésite pas à énoncer une explication, qui me paraît être la seule acceptable, la seule tranchant définitivement la question; la voici :

La rupture d'un élément vivant et la rupture de l'atome du Radium sont deux faits du même ordre; tous les deux intéressent le monde intra-atomique, tous les deux s'effectuent avec dégagement d'énergie, tous les deux sont accompagnés de projection d'électrons ou corpuscules négatifs, lancés par la violence de la rupture hors de l'enceinte atomique !

Et ainsi, une fois de plus, nous sommes amenés à mettre en parallèle la vie et le Radium, et cela nécessairement, fatalement, parce que un lien commun les relie; ce lien commun, c'est la dynamique du monde intra-atomique !

Et maintenant à la lumière de cette proposition, terminons notre étude de l'appareil électrique. La projection des électrons du côté de la gélatine a pour effet immédiat, par dénivellation électrique, de provoquer une charge positive du côté de la cloison. Nous sommes en présence d'un nouveau cas d'ionisation : l'*ionisation physiologique*.

Nous définirons l'organe électrique élémentaire comme suit, en allant de la gauche vers la droite : — corps gélatineux, demi-disque, cloison +. La polarité apparaît au moment précis de l'arrivée de l'influx nerveux; le groupement des éléments rappelle celui de la pile de Volta (*g*, corps gélatineux; *dd*, demi-disque; *c*, cloison), et peut être représenté par le schéma suivant :

— | — *g*, *dd*, *c* + | — *g*, *dd*, *c* + | — *g*, *dd*, *c* + | . . . . . . . . . .

. . . . . . | — *g*, *dd*, *c* + | — *g*, *dd*, *c* + | +

La comparaison avec la pile de Volta est intéressante au point de vue de la structure; mais elle n'est pas heureuse au point de vue du fonctionnement. En effet, dans la pile, les tensions polaires sont permanentes, tandis que, dans l'appareil électrique, elles sont instantanées et successives. Il vaudrait mieux comparer chaque organe élémentaire à une spire de la bobine de Ruhmkorff, et l'appareil à la bobine tout entière. Lorsque le flux de force magnétique varie brusquement, chaque spire devient le siège d'une force électromotrice instantanée et la totalité de ces forces électromotrices est capable de provoquer une tension polaire disruptive. C'est bien le cas de la torpille, avec laquelle on a pu obtenir des étincelles électriques. Lorsqu'on excite l'animal d'une façon continue, les décharges se multiplient; mais la dépense énergétique ne tarde pas à devenir disproportionnée avec le ravitaillement par assimilation; l'intensité baisse progressivement ou même s'annule.

Il est facile de comprendre maintenant pourquoi un muscle normalement constitué ne donne pas de décharges électriques; en effet, chaque moitié de disque moteur tend à provoquer un courant égal et de sens opposé à celui de l'autre moitié; et la résultante est nécessairement nulle.

En principe, toute désassimilation doit provoquer une dénivellation électrique, une ionisation; on doit donc s'attendre à trouver des courants électriques dans toutes les parties de l'organisme. Comme, en général, ces forces électromotrices ne sont ni systématisées, ni synchronisées, ainsi que cela a lieu dans l'appareil électrique des poissons, il est difficile de se rendre compte de leurs lieux d'origine et de leurs régimes. En particulier, il ne faut pas mettre sur le même plan les courants continus plus ou moins intenses, constatés dans les nerfs et les muscles, avec les décharges instantanées de l'appareil électrique.

Pour résumer ce paragraphe, nous dirons que la question de l'électricité biologique reçoit une intéressante solution dans l'intervention de *l'intra-atomique*.

### 11° La transmission sensorielle

Considérons en premier lieu le cas de la lumière. La vibration de l'éther est reçue par l'œil, qui se comporte à la manière

d'une chambre noire de photographe, et se traduit par une image sur la rétine, comme sur la plaque photographique. Jusque là tout peut s'interpréter physiquement [1]. Mais au-delà nous ne comprenons plus rien. Il semble qu'il y ait brusquement une discontinuité : d'un côté un phénomène physique, l'image rétinienne, de l'autre un phénomène psychique, la perception cérébrale; et il semble qu'entre les deux il y ait un abîme, que notre entendement ne peut pas franchir.

Il est certain que ce n'est pas dans la chimie qu'il faut chercher le mot de l'énigme; ce serait bien plutôt, en électricité, dans la catégorie de ces assemblages de corps appelés *détecteurs d'ondes*, entrant en jeu sous l'action des ondes électromagnétiques, comme le détecteur électrolytique, les cristaux de galène, etc. Mais cette interprétation me paraît insuffisante, et il m'est avis qu'il faut bannir complètement la matière pondérable dans l'explication cherchée, pour ne considérer que l'ultramatière.

A cet effet, supposons une cloison séparant l'ultramatière en deux régions concentriques; dans la région extérieure nous aurons seulement de l'éther, dans l'intérieure une association d'éther et d'électrons en mouvement. La cloison représentera la couche limitante de la rétine, formée par les cônes et les bâtonnets; ou encore, chez les êtres inférieurs privés d'organes spéciaux, ce sera la paroi limitante de l'organisme même. Une vibration lumineuse, partie de la région extérieure, traversant la cloison viendra jeter une certaine perturbation dans le milieu électronique central et y provoquera des réactions plus ou moins compliquées.

Dans cette conception nous faisons disparaître l'hiatus, l'abîme, que nous croyions exister entre l'impression sensorielle et l'entendement, pour les remplacer par un phénomène de continuité. Il est, en effet, tout naturel qu'un système dynamique central d'ultramatière puisse être impressionné par des manifestations dynamiques de l'ultramatière exté-

[1] En définitive, l'organe si remarquable de la vision n'est que le résultat d'un perfectionnement apporté à une propriété fondamentale de la matière vivante; ce perfectionnement est du même ordre que ceux que nous avons introduits, nous-mêmes, dans la construction de nos microscopes, lunettes, télescopes, spectroscopes, etc., l'industrie humaine n'étant que le prolongement de l'industrie de la Nature.

rieure. C'est ainsi que les électrons, contenus dans une antenne de télégraphie sans fil, entrent en vibration, lorsqu'arrive une onde hertzienne.

Mais, pour pouvoir poursuivre cette explication, il faut supposer que l'organisme vivant renferme des électrons capables d'exécuter des mouvements et de réagir sous l'action d'ondulations arrivant de l'extérieur. Or nous savons que les matières organiques ne possèdent pas, par elles-mêmes, de semblables systèmes électroniques. Il nous faut donc nécessairement faire appel aux systèmes *intra-atomiques* et admettre que, pendant la vie, ces systèmes ne restent plus cantonnés dans leur indifférence vis-à-vis du monde extérieur; comme nous l'avons dit déjà, les citadelles atomiques ouvrent alors des portes de communication en regard les unes des autres; des isthmes électroniques établissent les intercommunications et leur ensemble forme le système dynamique sensoriel, sensible aux ondulations venues de l'extérieur. A la mort, les isthmes se rompent et se rétractent, les portes se referment, et tout est fini !

Étant donné que le monde intra-atomique échappe à l'influence du milieu extérieur, il faut en conclure que la sensibilité perceptrice réside dans les *isthmes électroniques*, qui relient les atomes les uns aux autres. Ces isthmes interatomiques jouent un rôle considérable : ce sont eux qui établissent la liaison (cohésion vitale) entre les divers éléments de l'organisme; ce sont eux également qui relient le dynamisme intra-atomique (l'âme) avec le monde extérieur. Ce sont eux qui détiennent la clef de la question des relations entre l'âme et le corps, question qui a été l'objet de tant de controverses de la part des philosophes.

Considérons en second lieu la perception auditive. Nous comprenons sans trop de difficulté les rôles de l'oreille externe, de l'oreille moyenne et de l'oreille interne, ces divers organes étant, comme ceux de l'œil, destinés à perfectionner par des moyens physiques la réception de l'énergie vibratoire extérieure. Mais, lorsque nous nous trouvons en présence des terminaisons du nerf acoustique, nous nous heurtons à la même incompréhension que pour l'œil.

Pour résoudre la question, nous assimilerons la paroi limitante de l'oreille interne à la plaque d'un téléphone ou d'un microphone. Cette plaque divise l'espace en deux ré-

gions; dans la première se produisent les vibrations de la matière pondérable, dans la seconde prennent naissance des vibrations électriques, qui sont copiées sur les premières; la plaque limitante a servi d'interprète, de transformateur d'un des mouvements dans l'autre. De la même façon, ce qui s'écoule dans le nerf acoustique, ce n'est pas la vibration matérielle, mais c'est sa traduction en mouvements électroniques. Et ici, comme pour la vue, notre conclusion sera la même : l'intervention de *l'intra-atomique* est indispensable.

On interprétera de la même façon que pour l'oreille les transmission sensorielles de l'odorat, du goût et du toucher. D'une façon générale, nous dirons que la paroi limitante de l'organisme vivant, soit sous sa forme primitive, soit lorsqu'elle est différenciée en des organes perfectionnés, reçoit d'un côté les impressions dynamiques venues du monde extérieur et les transmet sur l'autre face à la matière vivante. Mais cette transmission ne s'opère pas en nature, elle s'opère par une transformation immédiate, par une transcription en mouvements élémentaires de *l'ultramatière intra-atomique.*

## 12° Le psychisme

Si l'on s'en rapporte au vieil aphorisme, *nihil in intellectu quod non priùs in sensu*, on peut dire que la transmission sensorielle est la porte d'entrée du psychisme, et qu'en conséquence le mécanisme psychique lui-même est d'ordre électronique et réside également dans *l'intra-atomique.*

La persistance de la personnalité vivante, malgré les échanges, les changements continuels des matériaux chimiques constituant le corps, est certainement une chose bien étrange. Les atomes de la matière pondérable traversent l'organisme et se remplacent constamment, et cependant la personnalité reste invariable. Il faut donc qu'en passant ces atomes se transmettent de l'un à l'autre les caractères essentiels de la personnalité, c'est-à-dire, des caractères n'ayant aucun rapport avec leurs propriétés physiques et chimiques extérieures. Ils ne peuvent le faire que si leurs électrons constitutionnels, électrons indépendants de la matière extérieure, consentent à entrer en scène.

A la suite de la persistance de la personnalité nous pouvons placer, comme choses du même ordre, l'invariabilité (au moins relative et temporaire) de l'espèce et la conservation, à travers les âges géologiques et jusqu'à nos jours, de certains types organiques, animaux ou végétaux.

Nous nous trouvons ainsi mis en présence du grave problème de l'hérédité, qu'on pourrait définir *la réminiscence de l'état antérieur*. Un être vivant quelconque peut être assimilé à un programme qui se déroule, à une action scénique qui se développe avec son prologue, son exposition et son épilogue. Eh bien ! ce programme, cette action scénique sont, à très peu de chose près, les mêmes que chez les ancêtres; l'être vivant est essentiellement dominé par la mémoire ancestrale.

Or pareille mémoire fait absolument défaut dans le monde physique. De quelle que façon que l'oxygène ou l'hydrogène soient préparés, ces gaz présenteront toujours les mêmes propriétés et ils n'auront conservé aucune trace de modification imputable aux combinaisons dont on les a extraits. Tout au plus peut-on signaler certains retards d'équilibration, qui momentanément sont comme un reste du passé au milieu d'un état de chose nouveau; à savoir, l'hystérésis ou retard à l'aimantation dans le domaine électrique, et dans celui de la chaleur, la surfusion, la sursaturation, la surchauffe. Mais ce sont là des cas très limités, très nettement définis, et qui n'ont aucune ressemblance avec cette prodigieuse faculté de mémoire organique que possède la cellule vivante. Pas plus que les autres, les corps protéïques et colloïdes ne possèdent par eux-mêmes cette propriété en dehors de la vie. On peut donc affirmer que l'hérédité n'est pas une propriété de la matière pondérable et qu'il faut aller chercher son siège ailleurs.

Étant donné que le dynamisme de l'intra-atomique est indépendant du monde extérieur, il devient possible d'expliquer ces immobilisations dans l'hypothèse que la vie est une modalité dynamique de l'intra-atomique. On serait même en droit d'attendre l'invariabilité rigoureusement absolue de la personnalité, de l'espèce et du type organique. Il en serait ainsi, si le mouvement vital était intégralement cantonné dans l'intérieur de l'atome; dans ces conditions, le monde extérieur n'aurait aucune prise sur lui et l'évolu-

tion n'existerait pas. Mais nous avons admis que les atomes vivants établissent entre eux des *isthmes dynamiques*, faisant pont de l'un à l'autre. Ces isthmes sont exposés aux chocs du monde extérieur et ces chocs peuvent retentir jusque dans *l'intérieur de l'atome*.

Nous voyons ainsi que ces importantes questions philosophiques trouvent une solution satisfaisante dans l'intervention de *l'intra-atomique*. On peut encore arriver à la même conclusion par un autre raisonnement, que j'ai signalé à la fin du chapitre II, et qui se résume ainsi : la poursuite du siège de la vie conduit à envisager des groupements matériels de plus en plus petits et cela indéfiniment jusqu'à ce qu'on atteigne l'intra-atomique; là et là seulement on trouve l'attribut psychique fondamental de la vie, à savoir, une indépendance qui échappe au déterminisme physique. Pour que cette indépendance puisse se manifester, il est nécessaire que les masses électroniques des atomes entrent en relation les unes avec les autres, grâce au mouvement vital élémentaire qui leur sert de lien. Et alors on voit apparaître cette chose étrange : une volonté libre au milieu d'un monde fatal. Mais si le lien vient à se rompre, les atomes retombent dans leur isolement primitif; et il ne reste plus qu'un cadavre, c'est-à-dire, une masse inerte obéissant désormais au seul déterminisme fatal du monde extérieur.

Lorsqu'on procède à l'autopsie d'un aliéné, on trouve souvent dans le cerveau des désordes très graves, épanchements sanguins, ramollissements, adhérences des méninges, etc., etc. Il n'est pas étonnant que de pareils troubles provoquent la folie; de même une tempête, qui passe au milieu d'un système de transmission électrique, brise les supports, mêle les fils, etc., et désorganise le travail humain. Mais il est des cas où ni l'examen macroscopique, ni l'examen microscopique, ne fournissent absolument quoi que ce soit. On est dans ces cas en droit de conclure que, pour trouver le mal mental, il faut aller au-delà de la matière pondérable, il faut aller jusqu'à l'ultramatière, jusqu'à *la matière primordiale dont l'atome est constitué*.

La plupart des systèmes philosophiques font la distinction entre l'âme et le corps; nous sommes dès lors portés à dire que l'âme, c'est *l'intra-atomique*, et que le corps,

c'est l'extra-atomique [1]. Pour être plus exact, il faut dire qu'un élément vivant quelconque est constitué par un substratum matériel protoplasmatique, essentiellement extra-atomique; dans les noyaux intra-atomiques de ce substratum existe un dynamisme spécial, qui en est l'âme élémentaire. L'âme, telle que l'ont comprise les philosophes, est la sommation de ces âmes élémentaires.

La distinction cartésienne entre l'âme proprement dite et les esprits animaux nous apparaît comme erronée; d'autre part, nous apercevons la possibilité de rattacher toute la psychologie à la dynamique des *électrons intra-atomiques*.

## Conclusion

Les arguments que j'ai réunis, pour prouver l'intervention du monde intra-atomique en biologie, sont aussi disparates, aussi indépendants les uns des autres qu'il est possible de l'imaginer. Il suffit pour s'en convaincre d'énumérer les titres des paragraphes : le poids atomique, la cohésion vitale, la chimie biologique, la température, l'électricité, le magnétisme, la thermodynamique, la transmission nerveuse, la chaleur animale, l'appareil électrique des poissons, la transmission sensorielle, le psychisme; il est vraisemblable qu'on pourra encore allonger la liste à l'aide d'autres titres aussi disparates. Il m'est avis que cela revient à dire : quel que soit le point de vue où l'on se place, de quelle que façon que l'on envisage la biologie, si l'on va au fond des choses, on retrouve toujours l'intervention de *l'intra-atomique*.

L'hypothèse de la vie *mouvement interne de l'atome* est donc, en définitive, parfaitement soutenable, elle a pour elle une immense probabilité; elle se prête merveilleusement à l'explication des choses; et, d'autre part, on ne voit pas bien quelle objection sérieuse on pourrait lui opposer. Au milieu d'hypothèses antérieures, aussi variées qu'insuffisantes pour expliquer la vie, n'est-il pas impressionnant

[1] Étant donné que l'intra-atomique est indissolublement lié à l'extra atomique, il en résulte que l'âme ne saurait en aucune façon être séparée du corps. Par conséquent, sont illusoires et chimériques toutes les théories d'extériorisation de l'âme ou de survie indépendante.

de voir s'ouvrir tout-à-coup une voie nouvelle, qui semble devoir nous conduire au déchiffrement de ce que l'on a prétendu être *l'inconnaissable*?

Et, comme ces pionniers qui ont découvert une piste heureuse, nous nous aventurerons dans cette voie nouvelle pour en rechercher les aboutissements.

---

# CHAPITRE IV

## Les grands problèmes de la biologie

### 1° Le mécanisme psychique

Ainsi que nous l'avons établi dans le chapitre précédent, la vie constitue un système énergétique absolument distinct de tous les autres. Son siège est à l'intérieur de l'atome et ce sont les électrons intra-atomiques qui constituent le substratum de cette énergie; la vie est un cas particulier de la dynamique intra-atomique. La matière chimique proprement dite ne sert que de support, de la même façon que les fils conducteurs et les isolants, vis-à-vis du courant, dans nos machines électriques.

Nous avons vu que ce dynamisme vital est guidé par un déterminisme totalement différent et indépendant de celui du monde physique : le déterminisme psychique. Cherchons à approfondir cette étude.

Nous ne savons pas grand chose des mouvements électroniques dans la cavité intra-atomique; s'effectuant en enceinte close, ils sont nécessairement courbes, périodiques ou spiralés. Lorsque l'atome est le siège du dynamisme vital, ces mouvements sont ordonnancés d'une façon spéciale. Cet ordonnancement est caractéristique des mouvements tourbillonnaires, comme les trombes; c'est ce genre de mouvement que j'ai appelé le *vortex vital* [1]. L'axe de ce tourbillon traverse l'atome de part en part, et ses prolongements servent à établir des liaisons avec les atomes voisins. Sur cet axe sont centrées des spirales d'électrons reliés les uns aux

[1] La comparaison de la vie à un mouvement tourbillonnaire a été formulée par Cuvier. — Dans ma première étude, j'ai montré que c'est le seul mode de mouvement particulaire, qui permette d'interpréter les phénomènes biologiques. — Voir *l'Annexe*, ch. XI : Les analogies de mouvement, p. 168 et suiv.

autres, tout en conservant cependant une certaine indépendance [1]. Nous pouvons assimiler chacune de ces spirales à un film cinématographique, dont les clichés seraient dynamiques, c'est-à-dire, constitués par certains groupements d'électrons ayant des mouvements propres, et qui garderaient par leur mode même de groupement, chacun *la mémoire* d'une réaction dynamique antérieure.

Je considérerai d'abord le film organique. C'est lui qui, grâce aux documents conservés dans ses clichés, comparables aux plans d'un architecte, permettra la reconstruction de l'organisme depuis l'œuf jusqu'à la forme adulte; il préside également à la reconstruction des parties lésées (blesssure), des organes réséqués (chez certains animaux), au fonctionnement normal de l'organisme. Ce film obéit à un déterminisme rigide; et c'est cette rigidité même qui, dans certaines écoles, a fait admettre l'invariabilité de l'espèce comme une sorte de dogme.

Toutefois, les constatations paléontologiques, les observations des horticulteurs et des éleveurs, celles des expérimentateurs, etc., montrent que cette rigidité peut être fléchie et que, sous la pression de l'ambiance, le film peut se modifier tantôt progressivement (évolution), tantôt brusquement (mutation). Il est vraisemblable que le changement brusque plus ou moins accentué est le seul mécanisme de transformation, l'évolution lente n'étant qu'une mutation à échelons très rapprochés. Cette conception est plus conforme à ce qu'on observe dans le monde physique : telle variation de propriété, que l'on avait crue continue, apparaît comme discontinue par échelons, lorsqu'on la considère à un grossissement plus grand.

Vient ensuite le film ancestral. En coopérant avec le premier, il introduit dans la reconstitution de l'organisme

[1] L'extrême petitesse de longueur d'onde ($10^{-8}$ cm. en moyenne) des rayons X et diverses autres considérations ont conduit plusieurs physiciens à penser que l'atome contiendrait autre chose que les électrons, dont les vibrations engendreraient la lumière (longueur d'onde moyenne $10^{-5}$ cm.). Quelle serait cette autre chose ? Ne peut-on pas, par exemple, supposer l'existence de corpuscules positifs beaucoup plus petits que les électrons eux-mêmes et dont les dimensions seraient en rapport avec l'exiguité des longueurs d'onde des rayons X ? Ces corpuscules pourraient être entraînés avec les électrons dans les films biologiques, dont la structure prendrait ainsi une complexité très grande.

des caractères de ressemblance avec les procréateurs. La documentation de ce film relie l'être vivant au passé; et, en ce qui nous concerne, ce n'est pas sans raison qu'on a dit que nos ancêtres continuent à vivre en nous.

Le déterminisme de ce film est moins rigide que le précédent. Il y a des variations très grandes entre les ressemblances de parents à enfants. Certains clichés dynamiques peuvent rester à l'état latent pendant une ou deux générations et réapparaître ensuite. Certains caractères acquis par les parents peuvent devenir héréditaires. Dans les cas d'alcoolisme, le film ancestral peut exercer une influence déplorable sur le film organique, en provoquant des malformations physiques et morales, des suppressions d'organes, etc. [1].

En troisième lieu, le film de documentation mnémonique se présente comme renfermant la mémoire des événements auxquels l'être vivant a été mêlé depuis sa naissance. Ce film prend un développement considérable chez l'homme; il enregistre toutes les acquisitions dûes à l'éducation, à l'instruction, à l'expérience acquise. Il peut se subdiviser en un faisceau de films distincts, chacun d'eux correspondant à une mémoire spéciale; chaque mémoire est plus ou moins développée suivant les individus; signalons la mémoire de la forme chez les sculpteurs et les dessinateurs, la mémoire

[1] Par principe, les aliments qui traversent l'organisme doivent être ramenés à la forme primitive du point de départ, à savoir, eau $H^2 O$, gaz carbonique $CO^2$, nitrogène N, sels minéraux; et c'est ce qui a lieu partiellement. Mais, en route, certains stades intermédiaires opposent une résistance assez grande, et l'organisme a plus tôt fait d'éliminer ces corps résistants que de poursuivre leur destruction. Et c'est ainsi que s'explique l'excrétion des corps urinaires, *urée* $CO (NH^2)^2$, *acide urique* $C^5 H^4 N^4 O^3$, des corps biliaires, *cholestérine* $C^{26} H^{44} O$, *acide glycocholique* $C^{26} H^{43} N O^6$, *acide taurocholique* $C^{26} H^{45} N O^7 S$, combinés avec la soude.

Divers organismes, qui se nourrissent des corps ternaires, du sucre en particulier, ne parviennent pas non plus à utiliser totalement ces substances et excrètent le corps intermédiaire, *l'alcool*, $C^2 H^6 O$, dont ils ne peuvent pas tirer parti; c'est ainsi que l'on retrouve ce corps dans les fermentations, dans la putréfaction, dans le fumier, dans le terreau, etc. L'alcool apparaît donc comme un corps se prêtant mal à l'alimentation de la cellule. Les troubles qu'il provoque, lorsqu'il est ingéré dans l'organisme humain, peuvent être rapprochés de ceux que provoquerait la réintroduction dans cet organisme des produits urinaires ou biliaires.

Ce n'est donc pas dans la catégorie des aliments normaux qu'il convient de placer l'alcool; ce serait bien plutôt dans celle des excréments.

de la couleur chez les peintres, la mémoire des sons chez les musiciens, la mémoire de la parole articulée chez les orateurs.

Ce film n'est pas héréditaire; sa persistance est moins bien assurée comparativement aux précédents; de même que certaines photographies s'altèrent et s'effacent avec le temps, de même ses clichés composants deviennent imprécis, indistincts à la longue et s'oblitèrent. Le déterminisme de ce film est lui-même vague, indécis et très peu impératif; il est plutôt occasionnel [1].

Quant au mécanisme déterminateur de ces films, nous distinguerons deux cas : la self-excitation et l'externe-excitation.

Dans la self-excitation l'être vivant prend de lui-même une détermination par le jeu de son mécanisme interne, sans que le monde extérieur intervienne en quoi que ce soit. C'est ainsi que s'opère la reconstruction de l'être vivant depuis l'œuf jusqu'à la forme définitive. D'autre part, les fonctions organiques, digestion, respiration, circulation, sécrétions, sont automotrices, self-excitées, et n'ont pas besoin d'attendre des ordres du monde extérieur.

[1] On est en droit d'admettre que le même mouvement tourbillonnaire existe dans tous les atomes vivants d'un même organisme; d'où résulte l'unité de la personnalité. Toutefois, il est vraisemblable que, dans des atomes voisins, ce mouvement quoique identique dans son ensemble puisse varier comme intensité; c'est ainsi que, dans certains atomes ou groupes d'atomes, certains films mnémoniques seraient plus développés, plus détaillés que dans d'autres. Nous pouvons ainsi expliquer la signification du filament chromatique du noyau de la cellule; ce filament constituerait comme le dépôt d'archives de la cellule. Lorsque celle-ci se divise en deux par l'acte de la karyokinèse, le filament se dédouble en deux copies identiques destinées à chacune des nouvelles cellules. Les éléments constitutifs du filament chromatique peuvent être comparés à des citoyens d'un même État ayant tous les mêmes droits, parlant tous le même langage, etc., mais se différenciant par la profession qu'ils ont choisie, par le corps de métiers auquel ils appartiennent; chacun d'eux transmet ses connaissances acquises, son expérience, lorsqu'il faut un élève ou un apprenti. Et ainsi la personnalité supérieure de l'État se conserve et se développe par des dédoublements de ses éléments constituants.

Dans le même ordre d'idée, on conçoit que les diverses parties du cerveau concourrent toutes simultanément dans le travail cérébral et peuvent se suppléer largement les unes les autres, comme on le constate après des lésions traumatiques de cet organe. Toutefois, certaines régions s'intéressent plus spécialement à telle ou telle fonction psychique; il n'y a pas de localisations absolues, mais il y a des spécialisations.

Certaines autres de ces déterminations sont comparables au déclanchement de la sonnerie d'un réveil-matin, quand l'aiguille des heures vient buter sur la came de déclanchement. Tel est le cas de tous les phénomènes périodiques chez l'animalité (oiseaux migrateurs, animaux hibernants, etc.), et chez les végétaux dans leurs diverses époques de développement. Certains végétaux fleurissent à jour dit du calendrier. Si l'on change les conditions d'existence, l'être vivant ne modifie pas tout de suite le régime de ses périodicités. Il y a un sorte de résistance d'inertie, qui n'est vaincue que progressivement et au bout d'un certain nombre de périodes. On peut cependant, quelquefois, déranger complètement et brusquement ce mécanisme, en portant un coup très grave à l'équilibre vital. C'est ainsi que dans les forceries, en provoquant un commencement d'empoisonnement par les vapeurs d'éther ou de chloroforme, on déclanche immédiatement l'évolution florale chez des végétaux au repos et on les oblige à fleurir à contre-saison, en hiver.

La self-excitation peut encore s'exercer suivant un autre processus lequel, chez nous, a été appelé l'*association des idées*. Il semble dans ce cas qu'un cliché dynamique puisse agir par résonnance, à travers l'éther intra-atomique, sur un autre cliché dynamique d'un film tout différent; de même que, en télégraphie sans fil, les vibrations d'une première antenne provoquent l'entrée en vibrations d'une seconde antenne, qui est syntonisée avec la première. Prenons un exemple : Nous songeons à un certain sujet; un film cinématographique déroule devant nos yeux ses clichés successifs; brusquement l'un d'entre eux ébranle par syntonie un cliché d'un autre film qui, pour le moment, était dans l'ombre; notre attention abandonne le premier film et se porte sur le second; celui-ci peut, par exemple, comporter de notre part la nécessité de prendre une résolution immédiate; alors nous nous mettons en mouvement et nous nous transportons vers l'objet urgent. Les deux films peuvent parfaitement n'avoir aucune espèce de relation l'un avec l'autre; il suffit qu'ils comportent deux clichés syntoniques. Ce passage subit d'un sujet à un autre, dans la conversation, a reçu le nom familier et pittoresque de *coq-à-l'âne*. Remarquons que dans la résolution que nous prenons, le monde extérieur est resté tout à

fait à l'écart; c'est le sujet lui-même qui s'excite. L'aphorisme *nihil in intellectu quod non priùs in sensu* se trouve ici en défaut.

L'externe-excitation est caractérisée par l'intervention du monde extérieur. Dans ce cas, l'excitation est reçue par les organes des sens, qui jouent le rôle d'interprètes; en effet, le cerveau ne reçoit ni lumière, ni sons, ni odeurs, ni goûts, ni impressions tactiles, mais il reçoit des interprétations de ces impressions sous forme de clichés cinématographiques, et ces clichés agiront comme précédemment par syntonisation sur les clichés psychiques préexistants; et les choses se passeront comme dans le cas précédent. Que l'excitation soit interne ou externe, le mécanisme psychique reste exactement le même.

Étant donné qu'on remplacera simplement le concept spiritualiste d'âme immatérielle par le concept d'un dynamisme électronique intra-atomique, dans ces conditions, rien ne sera changé à l'enseignement classique de la psychologie; et mon intention n'est pas de m'étendre plus longuement sur ce sujet.

### 2° Le libre arbitre

La question du libre arbitre a soulevé des controverses multiples. Il est incontestable que nous ne pouvons échapper au déterminisme physique, puisque nous faisons partie intégrante du monde physique, mais son effet est contrecarré à chaque instant par l'intervention du déterminisme psychique; c'est ce conflit continuel, qui imprime à l'être vivant son caractère distinctif si frappant, en comparaison avec la matière brute; et c'est ce qui rend impossible toute prévision précise sur le devenir de l'être vivant, en partant des seules lois du monde physique.

Mais, dira-t-on, si le machinisme vital est plus compliqué que celui du monde physique, puisqu'il comporte deux déterminismes au lieu d'un seul, néanmoins, c'est encore un machinisme, qui ne saurait entrer en jeu sans règles ni raison.

D'autre part, le déroulement de la vie, qu'on a souvent comparé au déroulement d'un drame théâtral, est sensiblement le même pour un chacun; toutefois, il n'y a jamais deux acteurs identiques. Notre liberté ressemblerait quelque

peu à celle du chaînon dans la chaîne. Cependant nous avons, quand même, conscience de la réalité de cette liberté même réduite, conscience qui engendre chez nous l'idée de la responsabilité. Comment concilier ces données quelque peu contradictoires. Je proposerai en manière de solution une comparaison empruntée à la Météorologie.

Il y a plus de deux mille ans, l'Ecclésiaste a dit : « Le vent souffle où il veut ! » Depuis cette époque, la Météorologie a fait d'incontestables progrès; mais, il faut bien le reconnaître, la prévision du temps, à longue échéance, est restée (hormis le charlatanisme ou l'empirisme) tout aussi imprécise que du temps de Salomon. Faut-il donc admettre que le vent souffle sans cause, sans raison? Évidemment non. Mais si nous cherchons à déterminer cette cause, nous sommes rapidement noyés dans l'infinitude du problème. En effet, nous aurons à tenir compte de la mobilité extrême de la masse fluide atmosphérique sous l'influence de la radiation calorifique solaire, qui joue un rôle prépondérant; mais la radiation du nombre immense des autres astres n'est pas complètement nulle, il y a lieu d'en tenir compte. D'autre part, la rotation de la terre intervient; interviennent également la distribution inégale de la température suivant la latitude, les irrégularités du relief de la surface terrestre, océans, continents, montagnes, la distribution des courants marins [1]. Il faut tenir compte aussi de ce que la chaleur reçue par la terre est, en dernière analyse, rayonnée dans l'immensité infinie.

En résumé, lorsque nous abordons ce problème, nous nous heurtons à l'Univers tout entier; et, quoi que nous puissions faire, nous devons renoncer à l'espoir de le résoudre jamais d'une façon satisfaisante. Constatons ainsi que le déterminisme, lorsque sa complexité devient de plus en plus grande, aboutit finalement à l'indétermination; et avouons

[1] A ce dernier égard, admettons par la pensée que la situation météorologique puisse revenir exactement au même point, où elle était au commencement d'une première période ; il est certain que, pendant cette période, qui aura nécessairement une assez longue durée, le relief du sol et les courants marins auront eu le temps de se modifier légèrement et par conséquent la seconde période ne saurait être identique à la première. Autant dire qu'il ne peut exister de périodicités régulières en Météorologie, et qu'il est impossible de faire des prévisions à longues échéances.

que, dans le cas considéré, les choses ne se passent pas autrement que si le vent soufflait réellement là où il veut.

Prenons maintenant le second terme de la comparaison, c'est-à-dire, la personnalité humaine. Nous scinderons, pour le besoin de la cause, cette personnalité en deux sous-unités schématiques, en automate et en entité psychique.

Supposons donc d'abord que l'homme soit un automate parfait, se ployant d'une façon rigoureuse à toutes les impulsions venues de l'extérieur, et mettons-le en parallèle avec une certaine masse d'air que nous considérerons comme une unité météorologique. En définitive, cette masse d'air obéit à des effets de poussées mécaniques et à des influences de température; pression et température sont, on le sait, les causes qui régissent la matière gazeuse. Nous pouvons, chez l'homme automatique, trouver les termes correspondants dans l'exercice du tact, qui enregistre la pression des corps et leur état thermique. Évidemment l'automate, en raison de sa grande densité, n'obéira pas à ces causes avec la même efficacité que la masse gazeuse. Mais, par contre, il sera sollicité par quatre autres catégories agissantes, correspondant au quatre autres sens. Or nous ne trouvons, au point de vue dynamique, dans la masse gazeuse rien qui corresponde aux impressions de la vue, de l'ouïe, du goût et de l'odorat. Donc, s'il y a une mobilité moindre chez l'automate, il y a en revanche un plus grand nombre de causes de mouvements que dans la masse d'air considérée. Tout compte fait, il semble bien difficile de prévoir la façon dont se comportera l'automate sous l'action incessamment changeante des excitants du milieu ambiant. Et ici encore nous rencontrerons une indécision, un indétermination comparables à celles déjà constatées en Météorologie.

Ainsi donc le déterminisme physique agissant seul, sans coopération avec le déterminisme psychique, nous donne déjà l'impression de l'indétermination.

Considérons à son tour l'entité psychique. Nous pourrons définir cette entité comme la gardienne des acquisitions ancestrales depuis l'origine de la vie sur notre planète jusqu'à la naissance, additionnées de toutes les acquisitions psychiques personnelles depuis la naissance jusqu'au moment actuel, ou, si l'on veut employer un langage mathématique, comme la somme, de moins l'infini à zéro, de

toutes les acquisitions évolutives et intellectuelles. Cette seconde entité n'a aucun rapport de nature avec la première, et en est complètement indépendante; elle peut évoluer par self-excitation, sans que cette première intervienne en quoi que ce soit.

Quant au déterminisme qui régit cette seconde entité, il est bien loin, comme nous l'avons vu, d'avoir la rigueur du déterminisme du monde physique. Nous en avons d'ailleurs des preuves dans la mobilité extrême de nos pensées à l'état de veille ou de rêve, dans le fait des variations de formes organiques (évolution ou mutation) qui apparaissent dans la reproduction, dans ce fait que certains caractères ancestraux peuvent rester latents pendant une ou deux générations et réapparaître ensuite, etc. Il y a là encore un flottement, une indécision, qu'il convient de reconnaître.

Reconstituons maintenant notre personnalité humaine en rapprochant ses deux sous-unités schématiques. Nous allons réunir ainsi deux systèmes dynamiques indépendants l'un de l'autre et qui pris séparément tendent l'un et l'autre vers l'indécision. Il n'est pas douteux que leur fusionnement se traduira par une augmentation d'indécision : ce sera comme qui dirait l'indécision de l'indécision.

Si, du moins, ces deux systèmes dynamiques étaient de constitutions comparables, on pourrait encore concevoir quelque possibilité de prévoir ce qui pourra bien se passer dans leur coopération.

Mais il n'en est rien : notre première sous-unité a pour charpente la matière massive, la matière pondérable sous la forme colloïdale, tandis que la seconde a pour substratum la matière infiniment déliée, impondérable, la matière électrique; en outre, cette matière électrique est cantonnée dans une enceinte fortifiée, dont le gouvernement intérieur est absolument indépendant du monde extérieur. Ainsi donc la différence entre ces deux sous-unités est la plus grande qui puisse exister au monde, aussi bien quant au substratum que quant à la manière de se comporter [1].

[1] L'énormité de la distance séparant ces deux systèmes a conduit les philosophes à douter de l'existence de relations naturelles entre eux.

Taine dit que « un abîme demeure entre un fait de conscience, phénomène de pensée, et un mouvement, phénomène physique ».

Cette différence immense met le comble à l'indécision dans la ligne de conduite que suivra définitivement notre personnalité reconstituée. En réalité, nous nous trouvons ici en présence du mécanisme le plus compliqué qui existe dans l'Univers tout entier. Les rouages de ce mécanisme sont extraordinairement nombreux, complexes, et ils ne sont point rigidement assujettis dans des liaisons déterminées. On conçoit dès lors qu'une cause, même d'importance la plus minime, puisse brusquement diriger le processus d'activité vitale dans une direction nouvelle, qu'il était absolument impossible de prévoir auparavant. Nous en trouvons un exemple frappant dans le mécanisme de l'association des idées.

Nous avons la conscience bien nette de cette mobilité extrême de notre processus intellectuel, de la possibilité que nous possédons de nous mouvoir dans les limites que nous accordent le monde physique et l'accomplissement de notre programme biologique; nous avons la conscience claire que notre pensée peut vagabonder en toute liberté.

Nous avons conscience que notre machinisme intime est d'ordre supérieur vis-à-vis de celui du monde physique qui nous entoure. C'est dans cette conscience distincte et claire que s'affirme la réalité de notre libre arbitre : une volonté libre au milieu d'un monde fatal !

On dira, peut-être, que je cherche à concilier deux termes contradictoires, deux quantités antinomiques : la liberté et la fatalité. Aux esprits pointilleux et difficiles à convaincre je répondrai que, dans le sens absolument absolu du mot *libre*, il se peut que l'homme ne soit pas libre; mais l'écart entre son état réel et la liberté vraie est si minime que les choses se passent comme s'il était réellement libre. De la même façon, une branche d'hyperbole n'atteint jamais son asymptote; toutefois, lorsque la distance de la courbe à partir de son sommet est suffisamment grande, l'intervalle entre la courbe et l'asymptote devient si inappréciable, qu'on peut en toute légitimité confondre l'une avec l'autre. Les lois de Mariotte et de Gay-Lussac ne sont jamais satisfaites exactement par les gaz réels; cela n'empêche pas de les considérer comme des lois naturelles, comme des lois-limite.

De la même façon, le libre arbitre nous apparaît comme un

concept-limite, un fait-limite, aussi bien acceptable que les lois-limite précitées [1].

Abordons maintenant la généralisation du principe du libre arbitre à la biologie tout entière.

Si nous descendons de l'homme vers le reste de la biologie, incontestablement nous rencontrons un mécanisme psychique plus simple; mais les principes généraux sont toujours les mêmes. Tous les naturalistes qui, consciencieusement et sans parti pris, ont étudié le psychisme chez les animaux, ont reconnu les mêmes règles générales que chez l'homme, de même que le médecin et le vétérinaire reconnaissent les mêmes règles générales de thérapeutique. L'examen, dans le champ du microscope, des allées et venues de simples infusoires nous fait penser instinctivement aux manifestations de notre propre activité psychique [2].

Les végétaux, eux-mêmes, peuvent être considérés comme des animaux ralentis [3] et jouissent, eux aussi, d'une certaine

[1] Une conséquence immédiate de l'existence du libre arbitre est que la prédestination ne saurait exister et que toute tentative de prédiction de l'avenir est œuvre vaine et fantaisiste. Dans le domaine des choses de guerre, il existe un aphorisme se formulant ainsi : *En définitive, ce qui arrive, c'est ce qu'on n'avait pas prévu.* Ce n'est pas seulement à la guerre que cet aphorisme est applicable.

[2] Je citerai à ce sujet un passage de « L'Évolution créatrice » de M. Bergson, professeur au collège de France, 14e éd., p. 38.

« Une explication physico-chimique des mouvements de l'amibe, à plus « forte raison des démarches de l'infusoire, paraît impossible à beaucoup « de ceux qui ont observé de près ces organismes rudimentaires. Jusque « dans ces manifestations les plus humbles de la vie, ils aperçoivent les « traces d'une activité psychologique efficace. »

L'auteur cite les références suivantes :

Maupas, *Etude des infusoires ciliés* (*Arch. de zoologie expérimentale*, 1883) p.p. 47, 491, 518, 549 en particulier. — P. Vignon, *Recherches de cytologie générale sur les épithéliums*, Paris 1903, p. 655.

Il ajoute : « Une étude approfondie des mouvements des Infusoires « et une critique très pénétrante de l'idée de tropisme ont été faites, dans « ces dernières années, par Jennings (*Contributions to the study of the beha-* « *vior of lower organisms*, Washington, 1904). Le type de conduite de ces « organismes inférieurs, tel que Jennings le définit (p. 237-252), est incon- « testablement d'ordre psychologique ».

[3] On a constitué, pour l'étude de la croissance des végétaux, des films cinématographiques, dans lesquels les clichés pris de quarts d'heure en quarts d'heure sont projetés sur l'écran avec la vitesse normale des films; on a ainsi l'illusion d'une croissance rendue au moins 10.000 fois plus rapide. Dans ces conditions, les mouvements exécutés par les végétaux

liberté d'allure; jamais deux végétaux d'une même espèce de se comportent exactement de la même façon. Deux cristaux de la même espèce peuvent revêtir exactement et rigoureusement la même forme, au point d'être idéalement superposables l'un à l'autre. Il n'en est jamais de même en biologie; il y a toujours constatation de non-identité, quand on passe d'un individu à l'autre [1].

Ainsi on doit donc admettre chez tous les êtres vivants, quels qu'ils soient, une certaine liberté d'allure, une certaine indépendance personnelle. Ce caractère fondamental revêt chez l'homme une netteté, une intensité, qui ne laissent pas de prise au doute. Mais il est à remarquer que le même raisonnement, que nous avons suivi pour établir l'existence du libre arbitre chez l'homme, peut être généralisé à un être vivant quelconque ; puisque ce raisonnement s'appuie sur la constitution fondamentale de l'être vivant, qui est la même pour tous, et dont le caractère essentiel est l'indépendance du déterminisme psychique vis-à-vis du déterminisme physique.

Ainsi donc, par contraste avec le monde physique ambiant, l'être vivant justifie pleinement la définition, que j'en ai donnée au début, à savoir : une volonté libre au milieu d'un monde fatal!

### 3° L'impératif catégorique

Puisque nous avons fait une digression dans le domaine philosophique, mettons à profit cette occasion pour préciser ses relations avec la biologie. A prendre les choses en bloc, nous pouvons ramener la philosophie à deux grandes divisions, la psychologie ayant pour pierre de fondation le libre arbitre, et la morale reposant sur l'impératif catégorique.

Confucius (Koung-fou-tseu), célèbre philosophe chinois,

se rapprochent singulièrement de ceux des animaux. — Par un stratagème inverse, on peut diminuer considérablement sur l'écran les mouvements de l'homme et des animaux; on a alors l'impression tout-à-fait étrange d'un empâtement, d'un engourdissement de ces mouvements, qui semblent ainsi prendre l'allure de ceux des végétaux. — Dans le jugement que nous portons sur la distinction des végétaux et des animaux, la question de *vitesse* joue un très grand rôle.

[1] C'est sur ce principe qu'est basée l'identification de l'individu humain, grâce aux mesures anthropométriques; système imaginé par le Dr J. Bertillon.

reconnaît que « un mandat est donné à tout homme pour suivre la raison droite, la voie droite; ce mandat est tellement obligatoire, qu'on ne doit pas s'en écarter de l'épaisseur d'un cheveu ». Il l'attribue à une Raison supérieure. Socrate enseigne que « la conscience est notre guide et notre juge suprême ». Kant a donné le nom d'impératif catégorique à cet ordre, ce commandement, qui n'admet pas de discussion. Socrate et Kant croient, eux aussi, à une intervention divine.

Les philosophes ont constaté un fait parfaitement réel. Quant à l'explication donnée par eux, elle pèche par deux points : d'abord ils n'ont considéré que le psychisme supérieur, le psychisme intellectuel et moral, alors qu'il eût fallu considérer le psychisme total; secondement, ils n'ont pensé qu'à l'homme, alors qu'il eût fallu envisager la biologie tout entière. La question est donc à reprendre par la base.

A cet effet, considérons un être vivant quelconque, l'homme, si l'on veut, à partir de sa forme initiale, c'est-à-dire, à partir de l'ovule et suivons son développement. La multiplication cellulaire et la différenciation successive des tissus en organes distincts se font en conformité du plan architectural contenu dans le film organique, et l'unité d'exécution est obtenue grâce à la cohésion vitale. On peut résumer la chose en disant que le développement embryogénique obéit ponctuellement à l'*impératif catégorique organique.*

Mais bientôt le film ancestral va intervenir également, en imprimant certains caractères physiques, intellectuels et moraux. C'est un *nouvel impératif*, peut-être un peu moins catégorique que le précédent, mais dont l'intérêt est sans doute plus grand pour les philosophes, car il cadre davantage avec ce qu'ils ont en vue. Enfin le bilan des acquisitions mnémoniques depuis la naissance, notamment l'éducation et l'instruction, introduisent encore un nouvel *impératif* qui s'ajoute aux deux autres.

En définitive, c'est la résultante de ces trois impératifs, qui commande chez l'individu adulte normal et qui dirige sa conduite. Dans nos machines industrielles, nous voyons que certaines pièces, si elles étaient complètement libres, tendraient à prendre par elles-mêmes un mouvement désordonné; mais, grâce à des glissières et des guides convenablement agencés, ce mouvement est canalisé dans la bonne direction. De même, dans l'organisme vivant, le libre arbitre

tend à entraîner l'être vivant dans des voies très diverses; mais l'*impératif catégorique résultant* établit le départ entre ce qu'il convient de faire et ce qu'il ne faut pas faire; il est restrictif de la liberté primitive. Nous voyons, d'autre part, qu'il ne provient en aucune façon d'une cause extérieure, mais qu'il est une conséquence nécessaire des propriétés du mouvement vital. Enfin il n'est pas spécial à l'homme, il est universel et se retrouve dans tous les êtres vivants.

Il est particulièrement intéressant d'étudier son intervention dans l'association d'êtres vivants. Le premier cas est celui d'individus créés par bourgeonnement, mais restant unis ensemble par un canal de communication; tel est le cas des polypes coralliaires, des siphonophores, des bryozoaires et tuniciers sociétaires, etc. Il apparaît alors une sorte d'impératif collectif, qui transforme la colonie tout entière en une individualité unique d'ordre supérieur. On admet même que les formes organiques de rang élevé proviennent de fusionnement d'organismes élémentaires plus simples, vivant d'abord en société égalitaire.

Lorsque les individus sociétaires ne sont pas soudés les uns aux autres, l'impératif social est moins strict, mais il n'en persiste pas moins; il devient la loi morale. La loi morale n'est pas spéciale à la société humaine; elle se retrouve dans toutes les associations, par exemple, chez les fourmis, les termites, les abeilles, certains oiseaux, les castors, etc., etc. Dans chaque cas, elle revêt une forme spéciale et présente des solutions différentes du problème de la vie en commun; elle n'est point non plus immuable et peut évoluer; l'espèce humaine nous offre un exemple de cette évolution dans la comparaison des législations anciennes et actuelles.

Enfin l'association peut se produire entre espèces très différentes. Nous en avons un premier exemple, chez l'espèce humaine, dans ses rapports avec les animaux domestiques; le cas du chien est le plus intéressant; le législateur a même codifié certaines règles de cette association (loi Grammont). Signalons encore l'association dans une même fourmillière de plusieurs espèces différentes de fourmis, de diverses espèces de coléoptères mirmécophiles; la domestication des pucerons par les fourmis; l'association si curieuse de Bernard-l'Ermite avec une annélide et une actinie. Quand Bernard-l'Ermite quitte sa coquille pour en prendre une autre plus

spacieuse, il transporte avec précaution ses deux compagnons, qui d'ailleurs se prêtent de bonne grâce à ce déménagement.

Dans le règne végétal, nous constatons des associations analogues, appelées symbioses. Parmi les plus remarquables signalons l'association d'un champignon et d'une algue, créant une individualité nouvelle, le lichen, qui peut vivre là où ni l'algue ni le champignon ne pourraient subsister; l'association des légumineuses avec la bactérie nitrogène logée dans leurs racines : la légumineuse fournit le gîte, et en revanche la bactérie livre à la légumineuse les composés azotés dont elle a besoin, composés que la bactérie fabrique avec l'azote atmosphérique.

En résumé, quelle que soit la complication de chaque cas particulier, tout s'explique facilement par les propriétés fondamentales du mouvement vital, et point n'est besoin d'aller chercher ailleurs d'autres explications.

## 4° La conscience

Lorsqu'on pénètre dans le hall d'une usine, on est saisi par une impression indéfinissable, indiquant une vitalité intense : c'est un bourdonnement incessant, c'est un va-et-vient continuel, qui constituent l'ambiance interne de la maison. Lorsqu'on est habitué à cette ambiance, si elle vient subitement à disparaître par chômage, on a l'impression de la mort : c'est un corps qui ne vit plus !

Considérons le vortex vital élémentaire constitué par un roulement incessant d'électrons circulant dans l'éther intra-atomique; chaque électron pris individuellement provoque, par le fait même de son mouvement, un champ électrique autour de lui et par ce champ il réagit sur tous les autres électrons. Il y a donc une réaction générale de tous les électrons les uns sur les autres, une sorte d'induction mutuelle, qui les solidarise tous ensemble. Un quelconque d'entre eux est donc dans les mêmes conditions que le spectateur transporté subitement dans le hall d'usine et qui perçoit la conscience d'une vie ambiante.

C'est dans cette réaction inductive que je place l'origine de la conscience élémentaire, primordiale, qui apparaît ainsi comme une propriété fondamentale du mouvement vital.

Dès lors la conscience est universelle dans la biologie tout entière.

Toutefois, la conscience, telle que l'ont étudiée les philosophes, n'apparaît avec intensité que chez les organismes supérieurs et chez l'homme par suite de la division du travail. Alors que dans l'amibe toutes les fonctions sont réunies dans une même gouttelette de protoplasme, au contraire, dans l'homme, chaque fonction est répartie en des organes spéciaux, digestifs, respiratoires, circulatoires, secrétoires, pour la vie matérielle, et en organes appropriés pour la vie psychique, le système nerveux et le cerveau.

C'est là, dans le cerveau, que les consciences élémentaires sont systématisées en une conscience résultante, qui est celle qu'ont reconnue les philosophes. Là, comme ailleurs, ils n'ont vu que les formes supérieures du mécanisme; les formes élémentaires leur ont échappé; ils ont vu l'intégrale, mais non la différentielle.

Ils ont cependant soupçonné une certaine généralisation de la conscience dans les actes dits *subconscients* et une certaine parenté avec les actes appelés improprement par eux *inconscients*; c'est ainsi que l'habitude transforme des actes conscients en actes dits *inconscients*; ce qu'on traduit en disant que l'habitude est une seconde nature. Pour être conforme à la réalité des choses, il convient de distinguer la conscience supérieure localisée dans le cerveau et la conscience organique, qui est partout dans tout l'organisme; il en est de cela comme pour l'intelligence supérieure ou cérébrale et l'intelligence organique ou instinct.

La démarcation entre les deux groupes psychiques est d'ailleurs très subtile et souvent incertaine [1]. C'est ainsi que nous pensons surtout avec le cerveau; mais le reste du corps intervient quand même. Nous pensons avec les mots de notre langue usuelle, en amorçant les mouvements du

On peut même dire que l'intelligence organique est la grande dominatrice de la biologie tout entière. L'intelligence consciente n'en est qu'une branche dérivée; c'est un accessoire, ne jouant, en définitive, qu'un rôle de second ordre; parfois même elle apparaît comme un élément perturbateur. Ce sont des considérations de ce genre qui ont fait dire à Montaigne que l'*imagination est la folle du logis* et qui ont poussé Jean-Jacques Rousseau à formuler cette boutade : L'*homme qui pense est un animal dégradé* !

langage articulé; parfois l'amorce va jusqu'à l'émission de sons : on pense tout haut. Les imperceptibles mouvements de tout l'organisme sont exploités par les *liseurs de pensées*, soit par le contact des mains, soit même sans attouchements à petite distance, par réception sensorielle de perceptions accessibles seulement chez des individus en état d'hypéresthésie hypnotique.

Dans le règne végétal, les fonctions psychiques sont toujours difficiles à déceler; mais elles ne sauraient cependant être niées, et de nombreux faits, imputés à tort aux seules actions mécaniques, témoignent cependant d'une conscience organique, obscure, peut-être, mais inséparable de la vie.

En résumé, nous admettrons que toute unité vivante possède en puissance les facultés psychiques fondamentales, que les philosophes ont découvertes dans l'homme, à savoir, la conscience associée à la perception, la sensation, la mémoire, l'association des idées, le jugement, la volonté. Dans ces conditions, le célèbre aphorisme de Descartes « je pense, donc je suis » doit pouvoir, sous une formule générale et amplective, être étendu à tous les êtres vivants, quels qu'ils soient, hommes, animaux, végétaux.

### 5° L'Évolution

Comme préliminaire à l'étude de cette question, je formulerai une proposition générale s'étendant à la biologie tout entière. Tous les êtres vivants sans exception passent à un moment donné par une forme commune, simple, identique pour tous, la forme unicellulaire, l'œuf. Et sous cette forme on peut dire qu'ils sont momentanément tous égaux, comme tous les citoyens d'un même État sont égaux au moment de leur naissance. Sous cette forme, ils représentent les amibes primordiales, qui ont peuplé la terre au début de son habitabilité. En conséquence, on peut admettre que, depuis cette époque lointaine, la terre n'a jamais cessé d'être habitée par ces mêmes amibes. Mais, au lieu d'être restées uniquement sous leur forme primordiale, ces amibes se sont peu à peu épanouies, en mettant à jour toutes leurs possibilités potentielles; de même un bourgeon à fleur est l'équivalent de la fleur épanouie; mais dans cette dernière les potentialités du bourgeon se sont transformées en actua-

lités. Potentialités ou actualités sont choses équivalentes; l'œuf et l'individu adulte sont des unités dynamiques équivalentes. Toute chose, vraie à l'état actuel pour l'individu, l'est également à l'état potentiel pour l'œuf. En particulier, si le psychisme existe dans l'individu adulte, il existe également dans l'œuf : dans l'individu, à état développé, dans l'œuf, à l'état potentiel.

L'être élémentaire fondamental, c'est l'œuf, c'est-à-dire, l'amibe primordiale. L'amibe est l'élément différentiel du monde vivant, dont l'intégrale constitue le règne animal et le règne végétal. Elle possède en elle toutes les propriétés biologiques : sensibilité, mouvement, respiration, digestion, sécrétion, reproduction et psychisme.

La distance entre l'amibe et le milieu, dans lequel elle vit, est immense; la distance entre l'amibe et un être vivant quelconque n'est que relative; c'est seulement une affaire d'évolution et d'épanouissement de facultés potentielles. Le milieu minéral est unidéterminé, soumis uniquement au déterminisme physique; l'être vivant élémentaire ou développé est bidéterminé; il est le théâtre de deux déterminismes, l'un commun avec le monde physique et l'autre qui lui est spécial, le déterminisme psychique; or, ce dernier comporte, avec une intensité variable, je le veux bien, mais cependant d'une façon non déniable, l'exercice du libre arbitre. Et c'est sur cette intervention du libre arbitre, sur ce point capital, quelque peu négligé jusqu'à présent, que je tiens à attirer l'attention, pour expliquer l'évolution.

Depuis Lamarck, qui a le premier substitué au concept de créations successives (système de Cuvier) le concept d'une transformation des êtres primordiaux, par étapes progressives jusqu'aux formes actuelles, de nombreuses théories ont été émises à ce sujet. On a cherché quels avaient pu être les facteurs de transformation; on a indiqué : les changements géologiques, le combat pour la vie, la sélection naturelle, la sélection sexuelle, la sélection artificielle par l'industrie humaine, etc.

Des discussions nombreuses se sont élevées; des écoles ont soutenu plutôt tel système de transformation que tel autre. Somme toute, il n'apparaît pas que la question ait été complètement élucidée.

Mon appréciation est que toutes les causes signalées

sont dignes d'être retenues, comme étant intervenues d'une façon plus ou moins effective au cours de la transformation des espèces. Mais il est certainement intervenu encore un autre facteur, qui sert de lien, de coordinateur à tous les autres; ce facteur, c'est le psychisme universel, c'est l'intelligence immanente dans l'être vivant qui, dans une certaine mesure, est maître de sa destinée, grâce à l'exercice de son libre arbitre.

Comment expliquer autrement ce fait que, dans tous les groupes biologiques depuis les plus élémentaires jusqu'aux plus élevés, on trouve des espèces qui sont restées stationnaires ou à peu de chose près, et qui représentent des types anciens ayant régné en maîtres autrefois? Il semblerait que tout aurait dû évoluer simultanément; ces espèces ont donc opposé une résistance irréductible aux sollicitations d'évolution. Pourquoi?

Comment expliquer certaines évolutions vraiment extraordinaires? Ainsi en plein jurassique, certains sauriens évoluent vers l'aviation, soit à l'aide de voiles (ptérodactyles) soit par l'empennage des membres locomoteurs (archéoptéryx). Comment a été provoquée une telle évolution?

Pour jeter de la lumière sur ces questions, dont la solution n'apparaît pas clairement, je m'appuierai sur le principe suivant : On a dit souvent, et non sans raison, que l'histoire, chez l'homme, est un perpétuel recommencement. Eh bien ! je généraliserai la proposition et je dirai : L'histoire naturelle de l'homme n'est que le recommencement, la répétition de l'histoire naturelle des êtres qui l'ont précédé. Les faits et gestes de ces êtres ont été inspirés par les mêmes causes que chez l'homme et ont suivi le même processus et, par conséquent, il suffit d'examiner la manière de faire de l'homme, ce qui nous est facile, pour comprendre le mécanisme des transformations, qui se sont effectuées antérieurement.

Reprenons la fiction philosophique de Voltaire, dans laquelle un certain Micromégas effectue une tournée d'inspection des mondes habités et demandons-nous comment il reconnaîtra le stade humain sur une planète? Il le reconnaîtra « par l'extériorisation de l'outil. La bête est rivée « à son outil, les deux ne font qu'un. Chez l'homme la sé« paration s'effectue. N'est-ce pas le premier outil sorti « de ses mains, la pierre éclatée, qui permet de retrouver

« sa trace dans le lointain du passé. Une pareille trans-
« formation témoigne d'une prépondérance désormais ac-
« quise aux fonctions intellectuelles. »[1].

Mais alors tout le programme antérieur va être repris avec ce thème nouveau que l'industrie sera désormais séparée du corps de l'individu; ce n'est plus son corps qui évoluera, mais bien son industrie.

Revenons maintenant aux deux questions d'évolution en suspens. D'abord, si nous prenons l'avis du plus grand nombre des humains, nous constatons leur désir de continuer à vivre sensiblement dans les mêmes conditions qu'auparavant; les innovations les effraient, parfois même elles provoquent des tumultes; le sort des inventeurs est le plus souvent malheureux, à cause de cette prédisposition d'esprit, qu'on a appelée le misonéisme. On peut en trouver une cause très lointaine dans le principe de l'inertie, et une cause plus prochaine dans la tendance à l'invariabilité de l'espèce et à sa répugnance à s'adapter à des conditions nouvelles. C'est ce qui explique que, encore actuellement, on rencontre sur notre planète des peuplades humaines immobilisées dans tous les stades depuis la sauvagerie primitive jusqu'à la civilisation la plus raffinée. Il en a été de même à toutes les époques géologiques, et c'est pour cela qu'on voit encore des représentants de tous les stades biologiques depuis les formes primordiales jusqu'aux plus élevées.

Du sein de la grande masse humaine surgissent, de temps à autre, des invidualités non contentes du sort commun, à l'esprit aventureux et chercheur, se sentant à l'étroit dans

[1] Cette citation est tirée de ma première étude, (1897). C'est Franklin qui a le premier formulé cette définition : « L'homme est le seul animal qui sache se fabriquer des outils ». — La même idée est reprise par Bergson dans L'*Evolution créatrice*, éd. 14ᵉ, F. Alcan, Paris, p. 151 :

« Si nous nous en tenions strictement à ce que l'histoire et la préhis-
« toire nous présentent comme la caractéristique constante de l'homme
« et de l'intelligence, nous ne dirions peut-être pas *Homo sapiens*, mais
« *Homo faber*. En définitive, l'intelligence envisagée en ce qui en paraît
« être la démarche originelle est la faculté de fabriquer des objets arti-
« ficiels, en particulier des outils à faire des outils et d'en varier indéfi-
« niment la fabrication.

« Maintenant, un animal intelligent possède-t-il aussi des outils ou des
« machines? Oui, certes, mais ici l'instrument fait partie du corps qui
« l'utilise et, correspondant à cet instrument, il y a un instinct qui sait
« s'en servir ».

le vieux moule, qu'elles cherchent à casser pour s'élancer au-delà. C'est toujours l'infime minorité, ceux qui ont eu des idées nouvelles; et combien parmi eux sont tombés? Mais enfin quelques-uns ont réussi; et ils ont entraîné péniblement une certaine portion de l'humanité. Ainsi progressivement sont apparus la pierre taillée, la pierre polie, le bronze, le fer, la vapeur, l'électricité. Exactement de la même façon, il y a eu des casseurs de vieux moules à toutes les époques biologiques et à toutes ces époques sont apparues des orientations nouvelles d'évolution. Mais ces orientations nouvelles ont laissé en route des groupes biologiques réfractaires à toute innovation.

Considérons maintenant le cas de l'évolution vers l'aviation. Disons d'abord que cette démangeaison de s'élancer dans l'air a tracassé l'intelligence évolutive depuis les époques les plus lointaines. Les premiers insectes ailés ont été reconnus dans le Silurien.

Les reptiles ont commencé leurs premiers essais pendant la période jurassique; c'est, sans doute, la vue des insectes et le désir de s'en emparer comme proie, qui les ont poussés dans cette voie. La solution définitive a été la création de la classe des oiseaux. Beaucoup plus tard, des mammifères insectivores se sont également élancés dans les airs à la poursuite des insectes; ce sont les chéiroptères. Enfin l'homme lui-même n'a pas échappé à la tentation; il est parvenu, lui aussi, à voler. Mais ici, comme dans toutes ses œuvres, ce n'est plus son organisme qui s'est plié à la nouvelle adaptation, c'est son industrie : l'aviateur et l'avion sont distincts, tandis que chez les animaux les deux ne font qu'un.

Pour obtenir une solution satisfaisante du problème de l'aviation, il faut deux choses : un moteur à la fois puissant et léger, selon la formule consacrée, et un système convenable de voiles et de gouvernails. Chez les animaux, la contractilité cellulaire a été systématisée dans des cellules allongées à protoplasme divisé en fibres longitudinales (muscles lisses); dans un stade encore plus parfait, ces fibres se différencient en stries alternativement claires et obscures (muscles striés); finalement les muscles aviaires donnent satisfaction. Chez l'homme l'évolution est d'ordre industriel: machine rudimentaire de Papin, machine de Newcomen encore bien informe, machine de Watt plus parfaite mais

bien encombrante, machine de Farcot simplifiée, machine Lenoir à explosion de gaz, machines à explosion d'essence appliquées d'abord à l'automobilisme et enfin à l'aviation. Le moteur est trouvé; cela a été beaucoup plus laborieux que chez les animaux.

La création des organes mêmes d'aviation, voiles, ailes membraneuses, ailes empennées, est certainement un des côtés les plus intéressants du transformisme. Et ici, il me paraît impossible d'admettre une évolution lente, tout au moins au début de la transformation. On ne voit pas bien comment une filiation de lézards aurait présenté progressivement du duvet, puis des plumes naissantes, puis des plumes plus longues, etc., pour aboutir à l'archéoptéryx.

On ne voit pas bien non plus comment de générations en générations une membrane de plus en plus ample, embrassant les membres locomoteurs, serait arrivée à procréer le type ptérodactyle. Il est, au contraire, vraisemblable que le désir ardent de ces animaux de s'élancer dans l'air et les efforts qu'ils faisaient dans ce but ont provoqué, par mutation subite, dans leur descendance l'apparition d'individus immédiatement empennés ou immédiatement pourvus d'une voile.

On peut même pousser la supposition plus loin encore en ce qui concerne les insectes, et on peut se demander si la mutation ne s'est pas opérée brusquement *chez l'individu lui-même*, par voie de métamorphose. Ce que nous constatons actuellement ne serait que la répétition fixée définitivement d'un événement survenu brusquement aux premiers âges de la terre. On sait, en effet, que, lorsque la larve s'est immobilisée sous forme de pupe ou chrysalide, tous les organes intérieurs se liquéfient en une sorte de magma laiteux. Ce magma sert à la construction d'un nouvel édifice, n'ayant qu'un rapport lointain avec le précédent et muni de deux paires d'ailes. Tandis que, chez les animaux supérieurs, les ailes sont une transformation des membres locomoteurs préexistants, chez l'insecte, au contraire, les ailes ne correspondent à rien du tout dans la larve. Elles ont donc apparu brusquement [1].

[1] Lorsque le psychisme humain, simultanément sous la forme conscien[te] et la forme subconsciente ou organique, est tendu violemment vers [un] but à atteindre, cette tension psychique est parfois capable de provoqu[er]

Chez l'homme, les essais sérieux d'aviation ont pareillement fait surgir brusquement l'hélice comme organe propulseur, organe déjà employé pour les bateaux.

Nous ne sommes nullement embarrassés pour expliquer le processus suivi par l'homme dans la création de l'aviation; il suffit d'exposer l'historique des essais et des perfectionnements et de montrer comment la volonté et l'intelligence humaines sont arrivées à vaincre les difficultés. Pour expliquer ce qui s'est passé chez les animaux, nous devons admettre la même marche et, par conséquent, reconnaître chez eux une volonté et une intelligence créatrice; reconnaître chez eux un libre arbitre, au sens généralisé du mot, capable de diriger l'évolution dans une direction déterminée, d'une façon consciente. Conclusion définitive, l'évolution est essentiellement une question psychique !

Nous arriverions à la même conclusion pour les végétaux, en considérant toute la série d'efforts voulus, intelligents, conscients du but à atteindre, qu'ils ont développés pour passer de la vie aquatique primitive à la vie continentale, pour évoluer de la cryptogamie à la phanérogamie et aux formes les plus élevées qui existent actuellement. Nous retrouvons encore cette intelligence organisante dans les dispositifs aussi ingénieux que variés pour favoriser la fécondation des fleurs, la dissémination de graines, la recherche de la lumière dans l'atmosphère, de l'humidité dans le sol, etc., etc.

Véritablement les croyances anciennes avaient raison d'expliquer la biologie par l'intervention d'une intelligence créatrice; mais elles se sont trompées en extériorisant cette intelligence. Pour fixer les idées, supposons que l'on fasse passer devant nos yeux un film cinématographique représentant le travail d'un potier. Nous verrons entre ses mains

brusquement dans l'organisme des modifications intenses et surprenantes pour quiconque n'en connaît pas l'origine véritable; c'est ce que le populaire désigne sous le nom de miracle; les lieux de pélerinages en sont particulièrement le théâtre. Du temps de l'ancienne Grèce, il se faisait des miracles dans le temple d'Esculape, dieu de la médecine, comme en témoigne la multitude d'ex-voto et d'inscriptions commémoratives, que des fouilles récentes ont mis à découvert dans ce temple, à Épidaure. De nos jours encore certains sanctuaires, appartenant à des cultes divers, revendiquent également cette même prérogative.

une masse d'abord informe d'argile se modeler progressivement pour aboutir à un vase élégant. Cela, c'est la thèse antique. Mais supposons maintenant que, par un habile retouchage, le photographe fasse disparaître l'image du potier; lorsqu'il fera passer à nouveau le même film, nous assisterons au spectacle étrange d'une masse d'argile se modelant toute seule pour arriver à sa forme définitive. Cela, c'est la vérité biologique ! Le potier et la poterie ne font qu'un; la technique du praticien est contenue dans la matière plastique elle-même; il y a self-création; la Nature naturante et la Nature naturée sont une seule et même chose !

D'ailleurs, d'après tout ce que nous avons établi jusqu'ici, il ressort nettement qu'*une volonté libre et agissante est impossible en dehors de la matière vivante*. Il n'y a que le dynamisme vital, qui puisse réaliser une pareille chose; partout ailleurs, c'est une utopie[1] !

### 6° La résistance du monde physique

Ainsi que nous l'avons vu dès le début, la vie constitue comme une sorte de révolte contre le monde physique; lorsque la vie apparaît sur une planète, il semble qu'un vent de folie y a soufflé. La matière, qui jusqu'alors se complaisait dans une impeccable géométrie, est entraînée malgré elle dans des extravagances sans nombre, où la raison géométrique est remplacée par l'arbitraire. Au point de vue purement physique, c'est le triomphe du désordre.

Une pareille tendance des éléments biologiques n'est pas sans rencontrer une résistance obstinée de la part de la matière; et ainsi apparaît cette lutte incessante entre la vie

[1] On peut encore ajouter un argument métaphysique. La création selon la Genèse est logique, parce que la Genèse admet d'un seul coup une création parfaite et définitive. Or, considérons en particulier le cas des oiseaux : ils apparaissent sous une forme quelque peu ambiguë et mal assurée, dans le jurassique; leur organisation s'améliore peu à peu à travers les temps secondaires (ornitho-sauriens) et les temps tertiaires, pour arriver à la forme actuelle. Tout cela ressemble singulièrement aux ébauches successives d'un artiste, avant l'obtention de la maquette définitive; et il a fallu en outre un temps immense. Cela ne concorde pas avec la perfection créatrice selon la Genèse. Et le dilemme « être parfaite ou ne pas être » se dresse inéluctablement devant l'hypothèse d'une entité extramatérielle créatrice.

qui cherche à envahir la matière et la matière qui tend à supprimer la vie et à l'ensevelir; c'est ce qui faisait dire à Bichat : La vie, c'est la lutte contre la mort !

Un organisme quelconque ne résiste pas indéfiniment à un pareil combat; il s'use, il est mis peu à peu en état d'infériorité et finalement il succombe. Alors l'ordre physique a sa revanche; le mouvement vital, qui par essence est fragile et temporaire, s'éteint en restituant au monde physique son énergie de vitalité. Ainsi que nous l'avons vu au chapitre précédent, l'âme est anéantie la première. La destruction du corps suit celle de l'âme; tous les agents physiques s'acharnent sur lui; ils sont même aidés par le concours d'organismes animaux et végétaux, qui se repaissent de cadavres. Bientôt il ne reste plus du corps que les pièces minérales, plus résistantes, qui, enfouies dans les couches géologiques en voie de formation, constitueront les fossiles.

Une coupe dans une assise géologique met souvent à découvert simultanément des cristaux et des fossiles. Le cristal, c'est la forme idéale au point de vue de l'ordre géométrique; le fossile, c'est le souvenir d'une période de folie. Bien souvent la matière s'efforce encore de faire disparaître ce dernier témoin, qui lui pèse comme un cauchemar; et, peu à peu, elle substitue la structure cristalline à la forme biologique et rend le fossile méconnaissable; c'est ainsi que se sont formés la plupart de nos marbres, dits calcaires bâtis, notamment ceux employés dans nos constructions domestiques, nos cheminées, etc.

Ainsi que le voulaient Bichat et Dutrochet, l'ordre physique arrive à triompher complètement de cette crise d'anarchie, qu'a été la vie.

### 7° L'être vivant universel

Nous avons établi que le mouvement vital peut atteindre un atome quelconque; l'apparition de la vie est donc une éventualité indépendante de l'espace et du temps.

Nous savons, du reste, par la spectroscopie, que la constitution chimique du monde est la même partout; nous en concluons que le dynamisme vital est possible partout, dans tous les points habitables de l'espace infini.

Considérons à nouveau la journée d'inspection transmondiale de notre Micromégas nouveau-style et demandons-nous quelles peuvent bien être ses notes de voyage? Il est vraisemblable qu'arrivant sur une planète, il se contente de noter si la planète est habitée comme la terre ou non habitable et inhabitée comme la lune. Il sera, en effet, d'un intérêt secondaire pour lui de constater en quoi consistent ses habitants, si ce sont des végétaux, des animaux, des hommes. Car, du moment que la vie existe quelque part, tout le processus biologique peut se dérouler en nombreuses variantes. L'important est de constater si l'*être vivant* existe, oui ou non. Et de son long voyage, il tirera cette conclusion que le monde immense se partage en deux parties : la matière cosmique universelle et l'être vivant universel.

La matière cosmique universelle se présente sous forme de nébuleuses, de soleils, de planètes, de comètes, d'astéroïdes etc.; elle est soumise au déterminisme physique qui, sous sa forme géométrique, est inflexible et partout identique à lui-même. L'être vivant universel se reconnaît sur-le-champ en ce qu'il se dérobe au moins partiellement au déterminisme physique, ce qui suppose en lui une autre cause d'action que les lois physiques; c'est ce que nous avons appelé le déterminisme psychique. En lui existe une liberté d'allure inconnue dans le monde physique.

Si l'on veut une formule amplective et générale, notre Micromégas conclura à l'existence d'une volonté libre universelle au milieu d'un Monde fatal universel.

### 8° La dualité de la matière et du monde

La physique moderne nous démontre que la matière est formée de deux compartiments emboîtés l'un dans l'autre et indépendants l'un de l'autre : l'intra-atomique et l'extra-atomique. Le Monde lui-même tout entier, qui est constitué par une accumulation d'atomes, nous offre la même dualité. En général, le monde intra-atomique reste renfermé, replié sur lui-même et semble se désintéresser de l'extérieur; dès lors le monde extra-atomique joue le rôle prépondérant dans la manière d'être de la matière cosmique universelle.

Mais, dans certaines circonstances, le monde intra-atomique peut sortir de sa réserve, peut porter son ingérence dans le

monde extérieur et provoquer dès lors un processus phénoménal n'ayant aucune analogie avec le processus physique proprement dit de la matière cosmique. Celle-ci est contrainte de s'aventurer dans des voies qui ne sont pas les siennes propres : C'est la vie !

Nous sommes ainsi amenés à étudier un intéressant problème de dynamique.

Tant que le monde intra-atomique reste inactif, l'équilibre mondial peut se déduire des lois du dynamisme extra-atomique; c'est l'objet de la mécanique céleste. Mais, du jour où le dynamisme intra-atomique entre en jeu, avec un déterminisme absolument différent de celui du monde extérieur, le problème change d'aspect et il est permis de se demander s'il ne se produira pas des conflits, des perturbations graves. Il est facile de démontrer qu'une pareille crainte n'est pas justifiable.

En effet, considérons d'abord la masse élémentaire soumise chez l'être vivant au dynamisme vital. Il faut d'abord éliminer dans le décompte toutes les substances inertes non vivantes, l'eau d'imbibition, les éléments conjonctifs, les corps minéraux, tels que les sels calcaires du squelette, les coquilles des mollusques, la charpente des polypiers, etc., etc; les trois quarts de la masse au moins sont ainsi éliminés. Dans la cellule même, la vie semble concentrée dans des agglomérats colloïdaux baignant dans un liquide nourricier inerte par lui-même. Il conviendrait donc encore là de faire une élimination considérable. Finalement la masse réellement vivante se réduirait à très peu de chose.

Mais une troisième élimination reste encore à faire; car, en effet, cette masse réduite de protoplasme n'est elle-même qu'un support pour une masse active infiniment petite de nature électronique, renfermée dans son intérieur. Le dynamisme vital élémentaire d'un individu se réfère donc à une masse infiniment petite. Si l'on réunit en bloc tous les êtres vivants, qui peuplent la surface de la terre, quoique considérable, cette réunion sera cependant insuffisante pour que la masse dynamique électronique vivante totale sorte de la catégorie des infiniment petits.

D'autre part, il est certain que la masse matérielle totale des êtres vivants de la terre est, vis-à-vis de la masse totale de la planète, un infiniment petit; par conséquent, la masse

dynamique vivante sur la terre est vis-à-vis de la masse totale de la terre un infiniment petit d'infiniment petit, ou un infiniment petit du second ordre.

L'énergie qui anime cette masse dynamique vivante ne peut être, elle-même, que du même degré, c'est-à-dire, du second ordre vis-à-vis de l'énergie totale de la terre. En effet, les électrons peuvent bien posséder des vitesses considérables, mais ces vitesses sont toujours inférieures à celle de la lumière, qui, quoique fort grande, n'est cependant pas infinie; et ces vitesses ne sont pas suffisantes pour faire remonter d'un degré l'énergie vivante dans l'échelle des infiniment petits.

Nous en conclurons que l'influence de la biologie est nulle, rigoureusement nulle, à l'égard du sort physique du globe terrestre; la biologie est incapable d'introduire aucune perturbation dans les mouvements de rotation, de précession ou de nutation de notre planète, incapable d'introduire un facteur nouveau dans *le problème des trois corps* et, par une généralisation mondiale, incapable de provoquer une perturbation quelconque dans l'Univers.

D'autre part, le dynamisme vital agit, en définitive, comme un intermédiaire et comme un transformateur, dans le jeu des forces physiques : ainsi la dissociation du gaz carbonique en oxygène et carbone dans les végétaux est en réalité effectuée par l'effet chimique des radiations solaires, mais sous l'intervention du processus vital; les manifestations diverses de la vie animale ont leur source dans les phénomènes d'oxydation respiratoire; mais ces phénomènes sont dirigés d'une certaine façon par le même processus vital. En réalité, les forces naturelles sont dirigées, canalisées dans des voies nouvelles, dans lesquelles elles ne s'engagent pas sans résistance. Mais la contrainte qu'elles subissent ainsi n'est pas de nature à jeter une perturbation grave dans le monde physique.

De la même façon, la forme de la matière pourra être changée sous l'action de la vie, sans qu'il en résulte aucun trouble dans le monde physique. Supposons, comme exemple, un océan déposant sur ses rives des boues calcaires, qui se transformeront avec le temps en tuf ou en pierre lithographique; si un courant marin introduit du naissin d'huîtres, ces mollusques absorberont le calcaire et le transformeront en

coquilles et, finalement, en place de strates de calcaire amorphe, se formeront des bancs de calcaire figuré, des bancs de coquilles d'huîtres. Or il n'importe en aucune façon, pour l'équilibre géologique de notre planète, que le calcaire se dépose sous une forme ou sous une autre.

Il ne peut donc résulter aucune espèce de conflit du fait de la coexistence de ces deux dynamismes indépendants; leur nature est trop différente pour que pareille éventualité puisse se produire.

L'harmonisation de ces deux dynamismes dans la mécanique céleste peut se comprendre comme on comprenait autrefois l'harmonie de la vie elle-même; on admettait que l'être vivant était constitué par un corps essentiellement matériel et par une âme essentiellement directrice. Dans l'Univers, la matière astrale formerait le corps, le support général, et l'être vivant universel représenterait le côté psychique; d'une part le déterminisme physique seul, d'autre part l'enchevêtrement des deux déterminismes physique et psychique.

Revenons à l'idée fondamentale de la cosmogonie de Laplace : la matière primordiale évolue progressivement pour former les corps fondamentaux de la chimie et, par leur agglomération, les masses stellaires et planétaires. Si l'évolution s'arrêtait là, elle serait inachevée; mais un dernier stade peut être atteint, c'est l'apparition de l'être vivant universel, et le programme est alors au complet.

---

## CHAPITRE V

### Les caractères essentiels du mouvement vital

Le mouvement vital présente des caractères très tranchés, très nets, qui le rattachent aux mouvements tourbillonnaires.

D'abord il n'est pas primitif, il n'est pas inhérent à la matière; car celle-ci peut parfaitement exister sans lui, et par la mort elle se débarrasse de lui, quand elle a eu à le supporter. En cela le mouvement vital diffère du mouvement magnétique élémentaire, qui se manifeste spontanément, au-dessous d'une certaine température critique, chez les métaux ferromagnétiques, fer, nickel, cobalt, chrome, manganèse.

C'est donc un mouvement communiqué, implanté, imposé, qui suppose l'apport d'une première amorce, d'un premier germe. Il est actuellement banal de dire qu'un milieu stérilisé ne s'anime pas spontanément, mais que si des germes, des spores, etc., y sont introduits, il s'y développe rapidement une flore et une faune. Cette non spontanéité laisse supposer que la matière ne se prête pas d'elle-même à cette transformation, et qu'elle a dû opposer une certaine résistance. Il a donc fallu qu'une certaine énergie fût dépensée pour provoquer cette implantation. Nous voyons, en effet, que le développement de la végétation s'opère avec l'aide des radiations solaires, dont l'énergie s'emmagasine dans leur organisme; chez les animaux et même souvent encore chez les végétaux, toute manifestation, toute propagation de la vie, sont intimement liées à la combustion respiratoire. C'est cette combustion qui fournit l'énergie nécessaire. Nous conclurons de cet ensemble que le mouvement vital se propage grâce à une absorption d'énergie empruntée au monde physique. Il est donc essentiellement endoénergique (endothermique, si l'on apprécie l'énergie en chaleur) et par conséquent peu stable, comme tous les systèmes statiques ou

dynamiques formés avec absorption d'énergie; d'autre part, quand il se rompt, il doit nécessairement restituer l'énergie qui avait été absorbée pour sa formation.

Sa faible stabilité n'est pas douteuse; la mort en témoigne. Quant à la restitution d'énergie au moment de la mort, elle est mise hors de doute par les mensurations appropriées [1]. Il se passe ici l'inverse de ce qui a lieu pour le ferromagnétisme. Le mouvement magnétique particulaire apparaît spontanément dans le métal, quand celui-ci se refroidit au-dessous de son point critique [2] et se forme avec un dégagement de chaleur; c'est donc un système dynamique exothermique, exoénergique et par conséquent stable. Pour le détruire, il faut rendre au métal la chaleur qu'il a perdue pendant le refroidissement et le réchauffer au-dessus de son point critique.

Le mouvement vital nous apparaît comme étant essentiellement temporaire : tout être vivant passe par la naissance, par une période plus ou moins longue d'existence et par la mort. Ce même caractère se révèle encore plus nettement dans le passage des substances alimentaires à travers l'organisme; ces substances sont absorbées, assimilées, entraînées dans le concert vital, puis expulsées. On a souvent comparé, et non sans raison, ce phénomène à celui d'une trombe saisissant dans son mouvement gyratoire des corps légers, les faisant tournoyer et les rejetant ensuite. Ainsi la matière pondérable est momentanément pénétrée par le dynamisme vital.

Nous avons déjà eu occasion de signaler, dans le cha-

[1] Voir l'*Annexe*, ch. x : La mort et l'énergie de vitalité, p. 129 et suiv.

[2] Lorsque le fer se refroidit à partir d'une température élevée, en présence d'un appareil thermométrique permettant d'observer ou d'enregistrer la marche descendante de la température, on constate que, à son point critique de 750°, il se produit un arrêt momentané de refroidissement, un palier thermique. Ce phénomène, comparable à celui de la solidification, indique que le ferromagnétisme s'établit avec un dégagement spécial de chaleur, distinct de celui dû au simple refroidissement.

Il peut tout d'abord paraître étrange qu'un système dynamique, qu'un mouvement apparaisse en dégageant de la chaleur; l'inverse semblerait plus naturel. Mais il faut remarquer qu'ici les magnétons se forment par une disciplination des mouvements antérieurs, non encore systématisés, des électrons atomiques; les mouvements disciplinés, systématisés, correspondent à une énergie totale moindre qu'avant la systématisation.

pitre III, des exemples de cet entraînement si curieux de la matière, entraînement qui est nettement *dirigé*. Donnons encore de nouveaux exemples. Les os s'accroissent par la périphérie, tandis qu'ils se creusent à leur intérieur; le bois des dicotylédones s'accroît de la même façon, tandis que la partie centrale n'est plus vivante; le développement des colonies de bactériacées, de moisissures sur substance nutritive, se fait en zones concentriques, tandis que la partie centrale est abandonnée; de même les cercles grandissant chaque année formés par les champignons des prairies; lorsque des animaux dévastateurs envahissent une région, leur flot avance constamment par de nouvelles générations nées en route, tandis que les anciennes ont jalonné de leurs cadavres le chemin parcouru. On pourrait de même représenter schématiquement une de nos cités humaines par une ligne dirigée, commençant par une maternité et finissant par une nécropole.

Ces exemples divers et que l'on pourrait multiplier ne sont, en définitive, que la répercussion d'une propriété fondamentale du mouvement élémentaire, du vortex vital, qui est essentiellement dirigé; et en cela il est comparable au mouvement particulaire du magnétisme, au mouvement particulaire d'Ampère, ou au magnéton. D'ailleurs, d'une façon générale, tout mouvement circulaire ou tourbillonnaire est fatalement dirigé. Ainsi le mouvement particulaire d'Ampère présente une face sud, ou face d'entrée, et une face nord, ou face de sortie pour le flux magnétique qu'il engendre. De même l'axe de notre mouvement tourbillonnaire, du vortex vital, présentera deux extrémités douées de propriétés différentes; comme dans une vrille ou dans un tire-bouchon, il y aura une extrémité ou un pôle de pénétration, servant à propager le mouvement vital; l'autre extrémité servira tantôt de pôle de liaison, tantôt de pôle de rupture.

Les extrémités de l'axe tourbillonnaire traversent de chaque côté l'enceinte de l'atome, dont l'intégrité est ainsi entamée. Et ainsi s'explique l'activité de l'atome vivant, s'exerçant dès lors à l'extérieur, et s'explique également la liaison s'établissant d'atome à atome, liaison que nous avons appelée la *cohésion vitale*. Les atomes forment alors des chaînes, qui ne sont pas sans analogie avec les asso-

ciations solénoïdales dans le magnétisme. Ces chaînes dynamiques sont ouvertes, avec extrémités non réunies; c'est, sans doute, pour cela que seules sont admises dans le concert vital les substances organiques dont la constitution moléculaire est représentée par des chaînes ouvertes, indéfinies, tandis que les substances cycliques, à chaînes fermées, ne sont pas tolérées. Nous avons rencontré des exemples de chaînes dynamiques ouvertes dans la constitution du tube digestif, des muscles, des nerfs, de l'organe électrique des poissons, etc.

La faible stabilité du mouvement vital se révèle dans toutes les manifestations vitales. On peut même dire qu'il ne saurait y avoir aucune de ces manifestations sans rupture d'élément vital; le fonctionnement des organes, que je viens de signaler, en fournit des exemples, exposés au chapitre III. Déjà les anciens semblent avoir pressenti cette vérité. Sénèque [1] et saint Paul [2] disent : « La vie est une mort quotidienne. » De notre temps, Claude Bernard [3], donnant à la proposition une forme un peu paradoxale, a dit : « La vie, c'est la mort. »

Il y a lieu de mettre au point ces assertions, qui ne considèrent qu'un des côtés de la question. Nous avons vu, par exemple, dans les appareils sécrétoires, dans la structure musculaire, que les éléments vitaux sont alignés en séries bipolaires : l'un des pôles fabrique de nouveaux éléments vitaux, tandis que l'autre pôle est le siège de destruction de ces mêmes éléments antérieurement fabriqués. En sorte que, si d'un côté il y a mort, de l'autre côté il y a naissance. Si donc la vie est une mort quotidienne, elle est également une naissance quotidienne; en temps normal, les deux propriétés se font équilibre.

Suivons le développement de l'être vivant à partir de l'œuf. Dans la première période d'établissement de l'organisme d'après le plan ancestral, la naissance des éléments vitaux l'emporte sur leur destruction, jusqu'à ce que l'édifice soit construit. Mais bientôt, par une sorte d'excès de vitesse acquise, les naissances vont devenir plus considérables

[1] Sénèque, Épitres, XXIV, 19.
[2] Saint Paul, 1re aux Corinthiens, ch. 15, v. 31.
[3] Claude Bernard, Leçons sur les phénomènes de la vie, p. 41.

qu'il n'est nécessaire pour le parachèvement de l'édifice et cet excès va se prolonger pendant un certain temps. Il y aura alors prolifération et rejet à l'extérieur de propagules destinés à se développer en individus nouveaux et indépendants. C'est la période de reproduction. Lorsqu'elle est est terminée, il y a égalité entre naissance et mort des éléments vitaux; mais peu à peu ou brusquement la mort prédomine et l'être vivant est anéanti.

Ces propagules sont souvent constitués par une ou plusieurs cellules non différenciées et dont l'évolution reproduit le type organique; c'est la reproduction agame ou parthénogénétique, très fréquente dans les embranchements inférieurs des animaux et chez les végétaux. Mais souvent aussi ces cellules de propagation se préparent à leur rôle en répudiant la moitié de leurs éléments constitutionnels; elles sont dites alors cellules sexuées ou gamètes et ne se développent seules que très difficilement. Au contraire, leur développement est régulier, si elles peuvent se fusionner avec une autre cellule sexuée analogue, de façon que le fusionnement de ces deux demi-cellules rétablisse une unité normale. On distingue la gamète femelle, qui est chargée de réserve nutritive et non mobile : c'est l'ovule; et la gamète mâle, qui est mobile : c'est le spermatozoïde, l'anthérozoïde, ou le grain de pollen; ce dernier est transporté par des agents extérieurs, vent, insectes. Le fusionnement des deux donne l'œuf fécondé.

Lorsque les deux gamètes présentent une petite différence dans leur documentation évolutive, leur fusionnement communique à l'œuf fécondé une poussée de vitalité plus grande que celle possédée par le simple propagule parthénogénétique. Lorsque la différence de documentation est un peu trop grande, le fusionnement s'opère difficilement (hybrides), s'opère mal (hybrides stériles), ou ne s'opère pas du tout. C'est ce qui fait que, en général, l'hybridation n'a lieu qu'entre espèces voisines.

La reproduction par propagules agames met en jeu une des propriétés fondamentales des mouvements tourbillonnaires, la propriété de se segmenter en tourbillons indépendants. Au contraire, la reproduction sexuée met en œuvre la propriété inverse que possèdent deux tourbillons de se fusionner en un seul, pourvu que leurs mouvements élémentaires

ne présentent pas entre eux une trop grande différence de marche ou de constitution. Ces deux phénomènes sont inverses l'un de l'autre et il est à remarquer que les processus de karyokinèse et de fécondation sont exactement les mêmes, au sens près.

Le chapitre XI de l'Annexe (Les analogies de mouvements) est consacré tout entier à l'étude des caractères du vortex vital.

---

## CHAPITRE VI

# La question d'origine

Les hypothèses qui ont été jusqu'ici émises à ce sujet sont au nombre de deux : la génération spontanée et la panspermie.

### 1° Génération spontanée

Cette explication a son point de départ dans les légendes des temps reculés. Les anciens admettaient que les êtres, les plus divers, pouvaient apparaître brusquement au milieu de circonstances favorables. A une époque moins éloignée, on n'accordait plus ce privilège qu'aux animaux vivant dans les corps putrefiés. Au XVII^e siècle, le physiologiste, Spallanzani, montra que, si l'on protège les substances putrescibles par une gaze arrêtant les insectes, jamais on ne trouve de vers dans ces substances; car les vers proviennent des œufs des insectes. Le premier, il formula l'aphorisme : *omne vivum ex ovo.*

Mais restait encore le cas de la fermentation, de la putréfaction. Le microscope, grâce à des perfectionnements successifs, permettait d'apercevoir dans les substances organiques en voie d'altération des myriades d'organismes de très petite taille, dont l'origine paraissait indécise. Les partisans de la génération spontanée soutenaient que, si ces organismes peuvent provenir parfois d'œufs ou de germes existant antérieurement, ils peuvent également apparaître subitement sous l'action des forces physico-chimiques du milieu; d'où le nom d'hétérogénie donné à leur système. Au milieu du XIX^e siècle, après une lutte mémorable contre les hétérogénistes, Pasteur démontra victorieusement que l'aphorisme de Spallanzani est universellement vrai et que la génération spontanée n'existe nulle part.

Il est, d'ailleurs, facile de démontrer, par un raisonnement

à priori, qu'il n'y a rien à tirer de l'hypothèse hétérogéniste. En effet, les hétérogénistes ont commis deux grosses erreurs. D'abord l'erreur du substratum. Ils avaient vraisemblablement la pensée d'imiter la Nature dans leurs expériences; or c'est un non sens, c'est un cercle vicieux que de rechercher le point de départ de la vie dans des bouillons de culture, dans des matières nutritives tirées du règne végétal ou animal; car c'est la vie qui crée la matière organique, et non celle-ci qui crée la vie. Pour s'en convaincre, il suffit de jeter un coup d'œil sur le chimisme végétal. Le milieu essentiel de culture du végétal, c'est le monde minéral, en commençant par les corps de moindre poids atomique ou leurs composés, à savoir, l'air atmosphérique, la vapeur d'eau et le gaz carbonique; on peut adjoindre quelques corps minéraux contenus dans le sol, chlorures, sulfates, phosphates des métaux alcalins et alcalino-terreux. On réaliserait sensiblement le milieu de culture idéal pour le point de départ de la vie en enfermant dans un ballon un peu d'eau de mer, qui contient les sels en question, et de l'air atmosphérique, et en stérilisant le tout d'une façon parfaite. Nous sommes bien loin des infusions de telle ou telle substance, des bouillons de culture, des géloses, etc.

Leur seconde erreur a été de croire qu'il suffisait de constituer le milieu favorable, pour que la vie apparût. Mais la vie est un système dynamique ne préexistant pas dans la matière; il faut qu'elle y soit introduite par un autre système dynamique étranger. C'est ce à quoi ils n'ont jamais songé. Leur raisonnement fait penser à un électricien, qui se proposerait d'obtenir un dépôt de galvanoplastie, mais qui oublierait de faire passer le courant électrique dans le bain de sulfate de cuivre.

La vie n'a pu sortir que d'une convulsion violente des forces de la Nature et ce n'est pas le séjour plus ou moins prolongé d'une substance quelconque dans un tube de verre, qui est suffisant pour résoudre la question.

En définitive, l'hétérogénie, issue des légendes du passé, a conservé le caractère d'imprécision des légendes et n'a plus maintenant qu'un intérêt rétrospectif.

Je ne dirai que peu de mots d'une variante de la même thèse, qui a rencontré de nombreux adeptes chez les chimistes et certains biologistes. Ces savants ont été impres-

sionnés par la similitude, l'identité même entre certains phénomènes de biologie et de chimie minérale, à savoir, les effets catalytiques, diastasiques, osmotiques, oxydasiques, etc., qui se rencontrent dans l'un et l'autre domaines. Ils se sont demandé si une évolution ne serait pas possible entre la chimie minérale et la chimie biologique, au cours de laquelle les phénomènes véritablement vitaux apparaîtraient comme terme de cette évolution.

Cette conception est incapable d'expliquer les choses. En effet, entre la vie et la non-vie il y a un abîme; cet abîme, c'est l'entrée en scène de l'intra-atomique et, pour provoquer cet événement qui est un des plus graves de la Nature, ce n'est point une évolution qu'il faut, c'est une révolution; il faut porter atteinte à la constitution de la matière, il faut une crise violente, formidable.

D'ailleurs, ces analogies de dynamisme chimique peuvent s'expliquer d'une tout autre façon. Un ingénieur, un architecte avisés savent tirer parti des moyens d'action qu'ils ont sous la main. La vie n'a pas fait autrement : les phénomènes d'oxydation, d'hydrolyse, de catalyse, etc., existaient avant elle; elle les a utilisés, elle les a exploités au mieux du but à atteindre; et c'est pour cela que nous retrouvons en biologie des choses déjà vues en chimie. Mais ce que nous trouvons là et ne retrouvons pas en chimie, c'est la coordination de toutes ces choses. Le corps vivant est un agencement merveilleux d'appareils de physique et de réactions chimiques; le cadavre n'est pas autrement constitué, et cependant ce n'est plus qu'une masse inerte, qui ne peut faire qu'une seule chose : pourrir ! C'est que l'ingénieur a disparu; l'abîme s'est entr'ouvert, comme ces cassures géologiques, qui ne se ressoudent jamais !

### 2° La panspermie

Cette hypothèse admet que l'espace infini renferme des germes errants à la manière des poussières cosmiques et qui, tombant sur les planètes, les ensemenceraient, si elles se trouvent dans la période convenable de réceptivité. Lancée d'abord en Allemagne, vers 1865, par le Dr H. E. Richter, cette hypothèse y fut encore soutenue par le botaniste F. Cohn, et le physicien Helmholtz. En Angleterre, elle eut pour

adepte le grand physicien Lord Kelvin, en France, le botaniste Van Tieghem, du Muséum de Paris, à Stockholm, le physicien Svante Arrhénius. Elle mérite une attention toute particulière.

Il faut dire tout d'abord que l'observation ne lui est pas favorable. En effet, lorsque l'on prend toutes les précautions nécessaires pour éviter des ensemencements par la manipulation même de l'opérateur, on constate qu'en pleine mer il ne tombe aucune espèce de germe, de quelle que nature que ce soit, dans les préparations nutritives destinées à les recevoir. Il serait bien étrange qu'il ne tombât des germes que sur les continents. Mais il y a plus; quand on s'élève sur les montagnes, on constate que les germes se raréfient avec l'altitude et sur les très hauts sommets, sur le mont Blanc, par exemple, on n'en trouve plus, lorsque l'atmosphère est calme. Les germes ne se rencontrent que dans les parties basses de l'atmosphère et nullement au-dessus des océans, qui happent et font disparaître tous ceux tombant à sa surface.

Ces mêmes constatations viennent également à l'encontre de la thèse soutenue par Svante Arrhénius, d'après laquelle les germes légers s'éléveraient très haut dans l'atmosphère, jusque dans ses limites supérieures, d'où ils seraient propulsés par la pression de la lumière jusque dans l'espace interplanétaire. D'ailleurs, le poids spécifique des matières organisées, lorsqu'elles sont desséchées, varie de 1,3 à 1,5 et ce poids est beaucoup trop considérable vis-à-vis des gaz raréfiés, pour que les germes puissent s'élever bien haut dans l'atmosphère par suite de ses remous.

Nous pouvons donc conclure, comme infiniment probable, que la terre ne reçoit rien et n'émet rien vers l'espace extérieur, en ce qui concerne les germes vivants.

Des objections également très graves ont été formulées contre la panspermie, en raison de l'action destructive des rayons ultra-violets. En effet, dans leur pérégrination à travers l'espace, les germes seraient exposés sans protection aucune à ce rayonnement émanant de notre soleil et des autres, et ils seraient rapidement tués. On a objecté que, n'étant plus en contact ni avec l'eau, ni avec l'oxygène, ils ne pourraient plus subir des altérations d'hydrolyse ou d'oxydation. Mais les rayons ultra-violets sont bien

capables, même en l'absence d'adjuvants, de démolir l'édifice protoplasmique et de détruire les germes. Dans ces conditions, il est très invraisemblable que les globes célestes échangent entre eux des germes de vie.

Je pousserai, à mon tour, la controverse plus loin et je dirai : lors même que la migration transmondiale des germes serait démontrée comme possible dans certaines circonstances favorables, la question de l'origine de la vie ne serait pas réglée pour cela ; le problème ne serait que reculé, il ne serait pas résolu. Si, par exemple, nous avons reçu nos germes de Mars, le problème sera transporté sur Mars, mais non résolu. La vie est un dynamisme particulier. Ce qu'il nous importe de savoir, c'est comment ce dynamisme particulier se rattache au dynamisme universel et comment il en découle comme cas particulier. Tant que cette question ne sera pas tranchée, il n'y aura rien de fait.

Nous pouvons toutefois retenir de l'hypothèse panspermiste l'idée intéressante qui lui sert de base, à savoir : l'idée de la pérennité du dynamisme biologique (tout au moins pérennité théorique, schématique) à travers les transformations profondes de la matière cosmique universelle. Ce concept n'est point en contradiction avec la dualité, que nous avons reconnue dans la constitution de la matière. Cette hypothèse reconnaît aussi implicitement la non possibilité de la génération spontanée, puisqu'elle admet que la vie actuelle ne peut résulter que d'un ensemencement par des germes préexistants : *omne vivum ex ovo !*

Nous pouvons encore envisager la question d'origine à un autre point de vue, le même point de vue qui a été exposé au chapitre 1er et qui se définira ainsi : la tendance scientifique moderne est de rattacher toute chose à l'électricité; expliquer une chose, c'est montrer comment cette chose se rattache aux théories électriques fondamentales. En particulier, la vie nous est apparue comme étant essentiellement un dynamisme électronique; dans ces conditions, la logique même veut que l'origine de la vie soit cherchée dans le domaine électrique, et non ailleurs. Et comme, dans les deux hypothèses de l'hétérogénie et de la panspermie, il n'est soufflé mot de l'électricité, nous sommes en droit de les consi-

dérer, l'une et l'autre, comme des premiers essais, dignes d'attention incontestablement, mais incapables de nous donner satisfaction. Ce sont des étapes successives, qui auront, du moins, eu ce mérite de liquider certaines questions qu'il était intéressant d'approfondir, et de montrer qu'il convient de chercher la solution ailleurs. C'est cette nouvelle campagne que nous allons entreprendre ici.

## Renseignements géologiques

Les premiers fossiles nettement caractérisés et indubitablement classables se montrent dans l'étage inférieur ou cambrien du système silurien. Mais ce sont déjà des organismes assez élevés, trilobites, brachyopodes, hydrozoaires, et qui, bien certainement, ne représentent pas le début de la biologie. Il faut donc remonter plus haut, c'est-à-dire, dans le système précambrien, pour espérer la rencontre des formes primordiales de la vie.

Malheureusement on est loin de trouver satisfaction. Ce que l'on rencontre est le plus souvent de nature problématique; cependant on a signalé d'une façon moins indécise des spicules d'éponges, des squelettes de radiolaires et de foraminifères. Mais il y a, toutefois, un élément sur lequel il importe d'attirer l'attention, c'est l'ampélite. L'ampélite est une roche noirâtre, devant sa couleur à du charbon très divisé, mêlé en dose variable mais généralement faible à des formations diverses, grézeuses ou schisteuses; cette roche se délite facilement en terre noire. Les assises ampéliteuses ont parfois plusieurs centaines de mètres de puissance. Ces formations ampéliteuses précambiennes ne diffèrent en aucune façon des assises charbonneuses pauvres appartenant aux terrains subséquents, mais dans lesquelles on trouve des fossiles végétaux ou animaux, tandis qu'ici on ne distingue absolument rien.

Ce manque de fossiles caractérisés et la grande abondance des formations ampéliteuses me paraissent devoir s'expliquer par la prédominance, peut-être, même l'existence exclusive, à cette époque, d'organismes mous, incapables de laisser aucune trace. Ce semble être, en effet, une règle générale, aussi bien dans le développement embryogénique que dans l'évolution phylogénétique, que les pièces dures, résistantes,

n'apparaissent qu'assez tard. C'est ainsi que le squelette des vertébrés ne se montre que progressivement et par points isolés dans le développement du fétus; et, de la même façon, le squelette est non ossifié chez les poissons inférieurs et son durcissement s'opère par stades successifs dans la série ascendante des espèces. Les larves des insectes sont molles, alors que ceux-ci sont protégés par des téguments chitineux; il en est de même des larves des crustacés, des mollusques, des cœlentérés, etc. Dans la succession paléontologique, les constatations sont les mêmes; les armatures calcaires des plus anciens échinodermes, les crinoïdes, par exemple, des premiers brachyopodes, comme les lingules, des premiers mollusques, sont très rudimentaires en comparaison des espèces plus récentes. Il est donc légitime d'admettre que, pendant le Précambrien, les organismes primordiaux, protozoaires et protophytes, étaient généralement de consistance molle, comme est d'ailleurs le protoplasme de toute cellule avant la sécrétion de dépôts protecteurs. Ce sont ces organismes qui auraient formé l'ampélite.

J'ai eu l'occasion d'examiner de très près la structure du Précambrien dans la région ouest et sud-ouest du département de Maine-et-Loire, en vue d'une révision de la carte géologique de cette région [1]. J'ai constaté l'existence d'un ancien plissement, primitivement d'une assez grande altitude, mais qui a été arasé progressivement par le démantèlement dû au temps et aux agents atmosphériques. Dans la tranche des couches arasées, il est possible de reconnaître une succession très régulière d'assises, que j'ai rangées en quatre étages, $X_1$, $X_2$, $X_3$, $X_4$. Dans chacun de ces étages j'ai constaté des dépôts ampéliteux. Mais, ce qui m'a plus particulièrement frappé, c'est de rencontrer de l'ampélite non seulement jusque dans l'étage le plus ancien, le plus profond $X_1$ mais encore jusque dans les couches les plus centrales, les plus anciennes, de cet étage $X_1$. Et l'impression, autant intuitive que raisonnée, que cette constatation m'a suggérée, est qu'il convient d'aller encore plus loin, au-delà du Précambrien, pour rencontrer le début de la vie.

A cet égard, mes constatations géologiques conduisent encore à une autre conclusion intéressante. Si l'on poursuit

[1] Voir Bull. Société d'Études Scientifiques d'Angers, année 1916, p. 7.

le plissement précipité, en se dirigeant vers la Loire-Inférieure et la Bretagne, d'un côté, ou vers la Vendée, de l'autre, on s'aperçoit que les assises précambriennes subissent progressivement et sans transition brusque un métamorphisme chimique, qui les amène peu à peu à la structure cristalline. Ce sont d'abord quelques paillettes micacées dans les schistes; puis peu à peu on arrive à de véritables micaschistes. Ou bien progressivement les schistes et les grès s'impreignent d'éléments felspathiques, et l'on rencontre tous les passages entre les sédiments primitifs et les gneiss, les granites plus ou moins stratifiés et les granites compactes. On se trouve donc en présence d'un métamorphisme progressif et profond, produit par la pénétration, à travers les assises stratifiées, de matières hydro-éruptives, telles que des sels alcalins et alcalino-terreux (de potassium, sodium, calcium, magnésium), de la silice, etc.

Or ces terrains profondément modifiés ont été autrefois considérés comme antérieurs au Précambien et ont été désignés sous les noms de terrain primitif, terrain archéen, roches cristallophylliennes, etc. A la vérité, divers géologues ont émis des doutes sur leur indépendance et sur leur antériorité et ont pensé qu'il s'agissait simplement d'un métamorphisme profond du Précambrien. Je me range sans hésiter à cette dernière interprétation et je signalerai, en particulier, ce fait que les assises ampéliteuses peuvent parfois continuer à se montrer dans les roches dites cristallophylliennes, où elles affectent l'aspect graphitique [1] ou phtanitique. Dans ces conditions, le terrain primitif ou archéen n'existerait pas et le Précambrien serait la première formation stratifiée sur notre globe.

Or, avant les premiers terrains stratifiés, avant la condensation des premiers océans, la terre se trouvait dans la période des hautes températures, qui a dû se terminer par la solidification, longtemps très précaire, d'une première croûte formée par une scorie superficielle légère. Dans cette première croûte se sont accumulés les corps simples et leurs composés les moins lourds et par conséquent *de poids atomiques les plus faibles* parmi les corps solides.

[1] Il se pourrait très bien que le graphite fût uniquement dû à des dépôts organiques très anciens.

En même temps, dans l'atmosphère se rencontraient abondamment des composés de très faibles poids atomiques ou moléculaires, vapeur d'eau, gaz carbonique, azote [1].

Puisque nous avons été amenés à penser qu'il fallait rechercher le départ de la vie au-delà du Précambrien, nous devons dès lors arrêter notre attention sur ce milieu très spécial, que nous venons de signaler. Ce milieu, d'ailleurs, nous apparaît comme très propice à l'éclosion de la vie, puisqu'il aura réuni simultanément tous les corps à *poids atomiques les plus faibles*. Mais immédiatement une objection surgit : à ces températures élevées, l'existence du protoplasme était impossible. La réplique, non moins immédiate, sera la suivante : il a dû exister une forme biologique antérieure à la forme protoplasmique et le protoplasme ne doit être qu'une forme évolutive d'adaptation aux températures d'habitabilité des corps célestes. Il y aurait donc eu en biologie deux phases successives : la phase pré-protoplasmique et la phase protoplasmique. C'est cette dernière seule que nous connaissons actuellement.

Examinons si cette hypothèse est acceptable et, si oui, ce qu'on peut en tirer.

## La phase pré-protoplasmique

Dans le courant du chapitre III nous avons montré que les substances protéiques, qui composent le protoplasme, doivent être considérées, non comme le substratum absolument indispensable au mouvement vital, mais comme un élément stabilisateur de ce mouvement. Dans le processus de l'assimilation, et plus particulièrement chez les végétaux, où l'assimilation se fait à partir des éléments minéraux, le mouvement vital doit, au moins pendant un court espace de temps, se propager dans des substances tout autres que les corps protéiques. Autrement l'assimilation deviendrait incompréhensible. Encore une fois, c'est

[1] D'après M. T-L. Phipson, dans l'atmosphère primitive, l'oxygène aurait manqué, ayant été complètement absorbé pendant la période d'ignition par les matériaux oxydables du noyau; le gaz carbonique aurait été, au contraire, surabondant; sa décomposition par les végétaux primitifs serait l'origine de l'oxygène atmosphérique. (Voir *Revue Scientifique*, 1893, 2e semestre, p. 248; 1894, 2e semestre, p. 278.)

la vie qui crée la matière protoplasmique, et par conséquent la vie doit être, par essence même, antérieure au protoplasme. Et il n'est point illogique de considérer le dynamisme vital comme ayant pu exister en dehors du substratum protoplasmique, dans lequel nous le voyons actuellement cantonné.

Il nous est donc loisible d'admettre que, durant l'époque antérieure au Précambrien, le dynamisme vital ait pu exister au sein d'une réunion des mêmes corps fondamentaux, H, C, N, O, et quelques autres accessoires; que ce dynamisme tendait vers l'assemblage de ces corps en matière protoplasmique, mais qu'il en était empêché par la haute température[1]. Et ainsi, pour poursuivre plus aisément notre recherche, nous allons nous libérer, une bonne fois, de cet *impedimentum* qu'est le protoplasme, dans la question de l'origine de la vie. Nous allons laisser complètement de côté la question chimique, pour ne plus envisager que la question dynamique. Nous considérerons uniquement ces proto-organismes schématiques, privés de protoplasme et nous poserons le problème de leur procréation.

## La génération provoquée

Le problème qui se pose alors est le suivant : d'une part, nous avons une réunion, un assemblage de tous les corps simples, dont le poids atomique est minimum; d'autre part, nous savons que le dynamisme vital est essentiellement d'ordre électrique et qu'il réside dans l'intimité des atomes de ces corps; que le mouvement vital est un mouvement non primitif, mais communiqué, mais introduit après coup dans l'atome; étant donné ces prémisses, par quoi et comment ce mouvement a-t-il pu être provoqué au début, au sein de cet assemblage de corps simples?

[1] Il ne faudrait pas croire qu'il y ait contradiction ici avec ce qui a été dit de la disparition progressive de la vie, lorsque la température s'élève de plus en plus et de la disparition totale au-dessus de 110°, dans le paragraphe 3 du chap. III. C'est qu'en effet nous avions affaire là à des organismes depuis longtemps adaptés à la forme protoplasmique; tandis qu'ici nous nous trouvons en présence d'unités vivantes, qui ne sont pas encore adaptées à cette forme protoplasmique et qui, par conséquent, ne peuvent pas pâtir de la destruction de la matière organique.

Le problème ainsi posé apparaît dépouillé de toute l'allure biologique et rentre désormais dans le cadre de la physique atomique. Sa résolution n'est possible qu'au cas où l'inviolabilité de l'intra-atomique serait reconnue comme n'étant pas absolue, mais ayant des limites. D'autre part, il semble bien qu'une perturbation atomique ne pourrait être provoquée que par des variations d'un champ très puissant, soit magnétique, soit électrique, dans lequel l'atome serait plongé; il y aurait alors une sorte de réaction inductive. Nous allons examiner ces diverses questions.

Pour ce qui est de l'inviolabilité de l'atome, cette thèse ne saurait plus être invoquée, depuis le jour où il a été bien démontré que les rayons cathodiques ne sont autre chose que des corpuscules électriques arrachés par la décharge électrique aux atomes des gaz très raréfiés des tubes de Crookes et, depuis qu'il a été reconnu que ce phénomène d'arrachement, appelé ionisation, se reproduit dans un grand nombre d'autres circonstances. On ne peut pas l'invoquer non plus depuis la découverte de la dislocation spontanée de l'uranium, du radium et autres corps radio-actifs. On peut encore citer contre cette inviolabilité que le bombardement issu de la désintégration du radium est capable de briser d'autres atomes en fragments de moindre poids atomique.

Abordons maintenant l'action magnétique. Un champ magnétique puissant est-il susceptible d'influencer l'ordonnancement du monde intra-atomique? La réponse affirmative nous est donnée par le phénomène de Zeemann. J'ai décrit au chapitre III, paragraphe 4, ce très intéressant phénomène, sur lequel je ne reviendrai pas.

On peut encore, comme mémoire et sans rien préjuger quant à l'action sur l'intra-atomique, indiquer les phénomènes suivants, dans lesquels le magnétisme modifie les propriétés physiques de la matière : le phénomène de Hall ou rotation des lignes équipotentielles d'un courant dans un conducteur plat soumis à un champ magnétique; la variation de la conductibilité thermique et de la conductibilité électrique du bismuth dans un champ magnétique; la polarisation rotatoire magnétique, découverte par Faraday, la biréfringence magnétique des liquides, étudiée par MM. Cotton et Mouton.

Le magnétisme est-il bien la cause première ayant provoqué l'apparition de la vie sur la terre? La chose me paraît très douteuse. En effet, le champ magnétique terrestre est très faible; comme ce champ doit être attribué, au moins en majeure partie, au ferromagnétisme, en raison de la grande quantité de fer contenu dans l'écorce terrestre, il est vraisemblable qu'aux premières époques le magnétisme terrestre était encore plus faible que maintenant. En effet, l'écorce solidifiée était extrêmement mince et tout le reste participait aux hautes températures du noyau central, températures auxquelles le ferromagnétisme n'existe plus. Le magnétisme terrestre n'a donc point dû intervenir.

D'autre part, les champs magnétiques employés dans les laboratoires de recherches, pour obtenir les effets précités, sont énormément plus considérables.

Pour obtenir ces intensités, il faut un matériel spécial, qui n'a en aucune façon son équivalent dans les phénomènes de la libre Nature. Et enfin il convient d'ajouter que ces fortes intensités magnétiques sont manifestement insuffisantes pour le but proposé.

En effet, au cours des phénomènes observés sous l'action magnétique, on n'a jamais constaté que la limite d'élasticité ait été dépassée dans la réaction du corps soumis au champ. En d'autres termes, l'effet observé est proportionnel à l'intensité du champ et, lorsque le champ s'annulle, l'effet disparaît. Or il en a été tout autrement pour la vie; car l'effet a persisté après la disparition de la cause efficiente. Par conséquent la limite d'élasticité de réaction a été dépassée; l'effet est resté permanent; il n'y a pas eu restitution de l'effort qui a été primitivement dépensé pour provoquer cet effet permanent; et c'est pour cela que la vie est un système essentiellement endoénergique.

La conclusion définitive est qu'il faudrait faire intervenir une intensité magnétique beaucoup plus puissante que celles qui peuvent être réalisées et, par conséquent, le magnétisme doit être écarté.

Il ne nous reste plus, comme dernière ressource, qu'à faire appel au champ électrique. Nous serons, du moins, soutenu dans cette recherche par cette pensée que, cette fois enfin, nous nous trouvons face à face avec la forme ultime du problème : puisque toute chose doit trouver son expli-

cation par l'électricité, l'explication de la vie doit sortir d'ici ! Nous nous trouvons en présence d'une sorte de jugement solennel : D'une part la vie, d'autre part l'électricité; comment ceci a-t-il procréé cela?

Un champ électrique peut être statique ou dynamique; dans ce second cas, le champ électrodynamique est de nature magnétique; il y a même identification, si le courant électrique circule dans un solénoïde. Nous allons ici renouveler la demande déjà formulée pour le magnétisme : Un champ électrostatique ou électrodynamique est-il capable par ses variations de jeter un trouble dans le monde intra-atomique?

Si l'on se réfère aux résultats expérimentaux recueillis jusqu'à ce jour, il faut avouer que l'on n'aperçoit aucune indication, aucune piste à poursuivre. D'une part, le champ électrodynamique nous ramène à la question du magnétisme déjà traitée; d'autre part, pour ce qui est du champ électrostatique, on ne peut, et sous toute réserve, signaler que le phénomène de Kerr : ce phénomène est caractérisé par ce fait qu'une lame diélectrique, la paroi d'une bouteille de Leyde, par exemple, devient biréfringente, lorsque ses deux faces sont soumises à une différence de potentiel élevé. Il n'est pas certain, d'ailleurs, que l'intra-atomique soit intéressé dans la question.

Les phénomènes d'ionisation, qui accompagnent diverses manifestations de l'électricité à haut potentiel, étincelles électriques, effluves, vent électrique, rayons X, etc., ne nous fournissent pas non plus de renseignements éclaircissants.

Le manque complet de documentation sur l'objet que nous poursuivons nous conduit cependant à conclure que la résistance de l'atome est extrême, et que rien ne peut se produire dans le sens désiré, sinon sous l'action d'une variation formidable du champ électrique, d'une variation qui soit sur la limite des choses possibles. Nous ne voyons comme pouvant répondre à ce programme que, seules, les fulminations atmosphériques. Le bruit de certains coups de foudre a été comparé à l'explosion simultanée d'au moins 100 pièces de canons; la variation du champ électrique d'un seul coup de foudre peut, par induction, détériorer tous les appareils télégraphiques et téléphoniques d'une même ville. Incontestablement il se produit, dans ces circonstances, et dans

un temps extrêmement court des variations de champ électrique absolument fantastiques et dépassant en intensité tout ce qu'on peut imaginer par d'autres moyens. Dans ces conditions, il est parfaitement permis de se demander si les atomes placés dans le voisinage immédiat de la fulguration n'ont pas ressenti le contre-coup inductif de cette fulguration et si la limite d'élasticité de leur réaction n'a pas été dépassée.

S'il en a été ainsi, l'équilibre atomique est profondément troublé; l'ancien état de choses est remplacé par un nouvel état dynamique, dont l'énergie totale est plus grande; car cette énergie s'est accrue de tout le travail du champ électrique pour amener ce nouvel état. C'est cet accroissement qui constitue l'énergie de vitalité. Cela est comparable à l'état d'un ressort tendu, qui reste ainsi enclanché jusqu'au moment où le déclanchement libère son énergie latente; dans le cas actuel, le déclanchement, c'est la mort.

Admettons par la pensée que cette présomption se réalise et demandons-nous quel peut bien être le résultat matériel, visible, tangible, d'un pareil ébranlement. D'abord remarquons que la fulguration traverse l'atmosphère, qui est le milieu optimum pour l'éclosion de la vie; car ce milieu renferme les quatre corps fondamentaux H, C, N, O, à l'état de vapeur d'eau $H^2O$, de gaz carbonique $CO^2$ et, à l'état libre, N et O[1]. A l'instant même où l'ébranlement vital se produit dans ces atomes, à cet instant même la cohésion vitale apparaît et réunit tous ces atomes en *un sphéroïde* constituant une *unité distincte du milieu*. Et, comme cette cohésion opère avant qu'aucune action chimique ne se soit encore déclarée, il en résulte que le sphéroïde conserve sensiblement la même densité que l'air, ainsi que la même composition, et qu'il flotte librement dans l'air, tout au moins au début. En même temps que la cohésion, apparaît également le jeu des deux déterminismes indépendants, extra-atomique et intra-atomique, jeu qui caractérise le psychisme élémentaire. En conséquence, ce météore d'un nouveau genre devra montrer des allures absolument étranges, contrastant essentiellement

[1] Il est très possible que l'oxygène n'existait pas à l'état libre dans l'atmosphère primitive (Voir une note antérieure). Mais sa présence dans les combinaisons $H^2O$ et $CO^2$ suffit pour la démonstration.

avec les phénomènes du monde physique; c'est en effet, *une volonté libre* apparaissant subitement *au milieu d'un monde fatal.* Et ceux, qui se trouvent en bonne place pour l'observer, seront inconsciemment, instinctivement, amenés à le comparer à un être vivant, à un animal, en raison de sa manière de se comporter.

Et maintenant la question qui se pose est la suivante : un pareil météore a-t-il été quelquefois observé? La réponse n'est pas douteuse : oui, il a été observé, de temps à autre, dans les orages, à la suite immédiate de violents coups de foudre; il est désigné sous les noms de globe électrique, éclair ou foudre en boule, globe fulminant [1].

Ce météore est lumineux, d'un éclat pâle; c'est plutôt une lueur qu'une lumière; rien à priori ne peut, semble-t-il, expliquer cette luminescence [2]. Toutefois, suivons son évolution jusqu'à sa fin, qui est explosive : il se détruit brusquement en restituant son énergie latente que lui a communiquée la fulguration, avec un bruit plus ou moins violent ou sourd et en lançant des décharges électriques (d'où son nom de globe fulminant). Citons un exemple : «Le 17 mai 1852, le tonnerre tomba près la station de Beuzeville, sur la ligne du Havre; du point foudroyé on vit aussitôt sortir un globe de feu s'avançant avec lenteur. Il vint se poser, *comme un oiseau*, sur un des fils télégraphiques et disparut subitement. Au même moment, les appareils télégraphiques de la station tournèrent avec rapidité et on en vit jaillir une foule d'étincelles, ce qui montre que l'électricité du globe s'était écoulée par le fil [3]».

Le signe de l'électricité écoulée n'a pu évidemment être reconnu; mais il est permis de suppléer à cette lacune; en effet, nous savons que la mort libère des électrons; c'est donc l'électricité négative, qui a dû ainsi s'écouler. On peut

[1] Voir, pour l'étude plus détaillée de cette question, l'*Annexe*, ch. IX : Analogie avec l'électricité, p. 186.

[2] Beaucoup d'animaux marins sont phosphorescents; certains animaux terrestres et même des végétaux peuvent également émettre de la lumière froide. Faut-il voir là une réminiscence d'une propriété primitive? On peut séparer de l'organisme de ces êtres des sécrétions, qui continuent à luire en dehors d'eux; cela laisse supposer qu'il s'agit d'un phénomène purement chimique, comparable à la phosphorescence du phosphore ou du soufre.

[3] Daguin. Traité de Physique, éd. 4e, t. 3, p. 254.

maintenant supposer que la rupture brusque, définitive, totale, a été précédée d'une destruction progressive, également accompagnée d'émission d'électrons; la luminescence serait dûe, dans ce cas, à l'effluve négative. Enfin on peut encore admettre une analogie, dans l'émission de lumière, avec le radium et son émanation; ce qui établirait encore un intéressant rapprochement entre ces deux dynamismes endoénergiques, des corps radioactifs et de la vie.

Pourquoi la vie du globe électrique est-elle si courte, et sans postérité ? Il est vraisemblable que les conditions atmosphériques actuelles ne sont plus assez favorables pour que le globe électrique puisse évoluer jusqu'à la forme protoplasmique, en condensant et combinant les éléments constitutionnels de l'air. Cependant certaines constatations tendent à prouver que, même dans ces conditions défavorables, il y aurait tout au moins un commencement d'entraînement de ces éléments vers la chimie organique [1].

On peut comparer ces rares météores aux fossiles, que nous ont laissés les âges antérieurs. Mais, tandis que les fossiles sont des restes inanimés d'êtres éteints, les globes électriques, au contraire, sont de soudaines réapparitions vivantes des premières formes de la vie; c'est comme un fossile primordial, qui revivrait quelques instants seulement, mais instants suffisants pour nous faire connaître quelle est sa nature essentielle.

Comme la cellule protoplasmique, le globe électrique est capable de division par scissiparité [2] et de fusionnement par conjugaison [3].

Insistons plus particulièrement sur le caractère psychique du globe électrique. « Ces effrayants mobiles ont des mouvements tellement bizarres, que l'on semble obligé de les croire *volontaires* », dit W. de Fonvielle, dans *Eclairs et Tonnerres*, p. 61. Dans la classique relation que Babinet communiqua à l'Académie des Sciences sur un remarquable cas de foudre globulaire [4], l'ouvrier témoin du phénomène dit que « l'aspect du globe de feu était celui d'un *jeune*

[1] Voir *l'Annexe*, Analogie avec l'électricité, p. 200.
[2] ibid. p. 195.
[3] ibid. p. 197.
[4] ibid. p. 193.

*chat*, de grosseur moyenne, pelotonné sur lui-même et se mouvant sans être porté sur les pattes. Ce globe s'approcha des pieds de l'ouvrier, comme *un jeune chat* qui veut jouer et se frotter aux jambes, suivant l'habitude de ces animaux. » Le caractère psychique se révèle, non seulement dans cette comparaison avec un animal, mais plus nettement encore dans la façon dont le globe sortit de l'appartement. Le narrateur continue : « Après s'être élevé à un mètre au-dessus « du sol de la chambre, le globe s'allongea un peu (analogie « avec le mouvement de l'amibe !) et se dirigea obliquement « vers un trou percé dans la cheminée, environ à un mètre « au-dessus de la tablette de cette cheminée, pour le passage « d'un tuyau de poêle. Mais le tonnerre ne pouvait le voir, « car il était fermé par du papier qui avait été collé dessus. « Cependant le globe de feu alla droit à ce trou, en décolla « le papier sans l'endommager et remonta dans la cheminée », dans laquelle il ne tarda pas à éclater.

Somme toute, cette manière d'agir est en tout point comparable à celle d'une amibe ou d'un infusoire, qui ont la *volonté* de se frayer un chemin à travers des obstacles; d'autre part, elle implique de la part du globe la possibilité de se rendre compte du monde extérieur à distance et de prendre une résolution en conséquence : allongement du globe dans le sens du mouvement, qui est dirigé vers un trou percé dans la cheminée; aucune hésitation dans ce mouvement vers ce trou que le globe électrique a certainement bien reconnu, malgré le dire du témoin. On ne peut pas alléguer qu'un courant d'air ait pu l'entraîner, puisque le trou était recouvert par du papier collé et qu'il fallut que le globe le décollât pour sortir. Il y a bien eu réellement là un *acte volontaire*. Mais pourquoi cet acte? Eh bien ! le pourquoi de cet acte me paraît être absolument psychique : c'est la mémoire ! Le globe électrique était descendu par la cheminée et était entré dans l'appartement en renversant le châssis garni de papier qui en fermait l'ouverture. Après plusieurs excursions en divers sens, le globe *voulut* s'en retourner par où *il était venu*, c'est-à-dire, par la cheminée; et c'est pour cela que, sans hésiter, il se dirigea vers une nouvelle perforation qu'il *reconnut* exister sur la longueur de ce canal.

En définitive, pour compléter la comparaison du témoin, il faudrait dire que le globe électrique s'est comporté comme

un jeune chat, qui étant entré par hasard dans un appartement, en a fait une exploration sommaire et s'efforce ensuite d'en sortir en regagnant la voie par laquelle *il se rappelle être venu*. N'est-ce pas là le mécanisme psychique dans son universelle simplicité?

Ainsi, d'emblée et d'un seul coup, le psychisme apparaît avec ses caractères essentiels : faculté de perception, mémoire, volonté mettant à exécution une décision délibérée. Il n'y a pas d'évolution entre le non-psychisme et le psychisme : c'est tout l'un ou tout l'autre. Et la raison en est que brusquement l'être vivant apparaît avec ses deux déterminismes indépendants, l'un de l'autre, psychique et physique; tandis que le monde physique ne reconnaît que le dernier.

J'attirerai encore l'attention sur le mécanisme moteur du globe électrique. Il est incontestable qu'on ne peut l'expliquer par aucune considération tirée du monde physique et c'est ce qui en fait l'étrangeté. L'impression ressentie plus ou moins nettement par les témoins oculaires, et qu'ils nous ont transmise, est que ses mouvements sont volontaires; mais comment s'exécutent-ils? Il a été question d'une légère déformation amiboïde; mais cela me paraît insuffisant pour expliquer la progression du globe fulminant. Je suis amené à penser que la périphérie du globe électrique doit être le siège de mouvements spéciaux, coordonnés, dont l'effet produit serait le même que celui des cils vibratiles des infusoires; dans l'un comme dans l'autre cas, le mobile animé pourrait se diriger suivant sa volonté.

En définitive, le globe électrique apparaîtrait avec tous les attributs fondamentaux de la vie; ce serait le représentant primordial de l'être vivant universel !

*Essai de synthèse.* — A tous égards, il serait du plus haut intérêt d'obtenir par synthèse des globes électriques, dont on pourrait à loisir étudier les étranges propriétés. Ce ne sont pas les tentatives qui ont manqué; en particulier, Planté, Righi, etc., ont obtenu des décharges électriques d'aspect globulaire. Mais, quel que soit du reste le mérite de leurs travaux, leur erreur d'interprétation saute aux yeux : en effet, le globe électrique n'est pas une décharge électrique, il n'est pas une forme du courant électrique. Il a été procréé par lui; cela n'est pas douteux. Mais la fulguration procréatrice n'a duré qu'un temps extrêmement court, tandis que le globe

électrique persiste après que le courant a disparu. La communication de Babinet est formelle à cet égard : « Après « un assez fort coup de tonnerre, *mais non immédiatement* « *après*, l'ouvrier dont la profession est celle de tailleur, étant « assis à côté de sa table et finissant de prendre son repas, « vit tout-à-coup le châssis garni de papier, qui fermait la « cheminée, s'abattre comme renversé par un coup de vent « assez modéré et un globe de feu, gros comme la tête d'un « enfant, sortir doucement de la cheminée et se promener « lentement par la chambre à peu de hauteur des briques « du pavé ». D'ailleurs, les relations de foudre globulaire s'accordent généralement pour dire que le globe est apparu à la suite du coup de foudre et qu'il a persisté plus ou moins longtemps.

Les recherches devraient, en conséquence, être poursuivies dans une tout autre voie que celle des physiciens précités. On peut, toutefois, se demander s'il est possible à l'homme d'atteindre le but proposé. En effet, l'apparition de la vie constitue une crise formidable dans la cosmogonie universelle, crise dans laquelle la Nature porte atteinte à sa propre constitution. Jusqu'alors l'atome était resté inviolable et l'intra-atomique faisait bande à part dans le concert des synergies mondiales; mais voici que, par une convulsion d'une extrême puissance, l'atome est violenté et l'intra-atomique est mis en demeure d'intervenir dans le monde extérieur.

Avons-nous à notre disposition des moyens assez puissants pour violenter l'atome et lui imposer le mouvement vital??... Il est permis d'en douter.

En tous les cas, il y aurait lieu de diriger l'attention de l'expérimentateur vers les appareils modernes de télégraphie sans fil, dans lesquels des décharges électriques d'une grande intensité se rapprochent un peu des fulgurations naturelles.

*Apparition de la vie sur la terre.* — Reportons-nous à l'époque qui a précédé le Précambrien. La température est encore trop élevée pour que l'eau ait pu se condenser en un premier océan; elle est en totalité dans l'atmosphère sous forme de vapeur et de nébulosité. Cette atmosphère très épaisse, très chargée en outre de gaz carbonique, devait suivant toute vraisemblance être le théâtre d'orages violents avec production de nombreux globes électriques. Mais la

température, encore trop élevée, s'opposait à l'évolution de ces germes de vie vers la forme protoplasmique.

Cependant, à la longue, grâce au refroidissement progressif, l'eau commence à séjourner sur la scorie légère recouvrant la surface terrestre et renfermant les corps de poids atomiques faibles. L'eau va dissocier partiellement cette scorie et la diviser en éléments solubles formant la salure de la mer et en boues qui constitueront les premiers sédiments. Nous arrivons ainsi à la limite de démarcation du Précambrien.

Dans cette période de passage, les pluies deviennent de plus en plus abondantes. Mais il ne pleut pas seulement de l'eau, il pleut en même temps des globes électriques. La température devenue moins torride permet à ceux-ci de condenser en matière organique, se rapprochant de plus en plus du protoplasme, les substances fondamentales H, C, N, O, largement représentées par l'azote libre N, le gaz carbonique très abondant $CO^2$, et la vapeur d'eau encore très dense $H^2O$. Et alors tombant avec les premières pluies dans les premiers océans, ils rencontrent là toute la série des corps succédanés, qui leur facilitent la constitution du protoplasme définitif. Et c'est ainsi que les premiers êtres vivants ont été des êtres marins. La surface et l'atmosphère terrestres présentaient alors les conditions optima du milieu de culture propre à l'éclosion de la vie. Dans ces conditions, il n'y a pas lieu de s'étonner devant les puissantes assises ampéliteuses, charbonneuses, que renferme le Précambrien, même dans ses couches les plus profondes, les plus anciennes.

Quelles étaient ces premières formes de la vie...?? A coup sûr, elles devaient être très simples avec prédominance probable des formes végétales, des algues. Mais, en même temps, ont dû se dessiner très vite les premières démarcations des embranchements du règne animal; de telle façon que déjà dans le terrain suivant, dans le Cambrien, ces embranchements ont été très nettement séparés.

Il est indubitable que les premiers germes de vie n'ont pas été procréés d'une façon quelconque. Il a dû en être d'eux comme des autres agrégats de la matière cosmique primitive, qui ont constitué les corps simples de la chimie. Si l'on conçoit, comme l'a fait Mendéléef, une condensation continue et ininterrompue de la matière cosmique, on sait cependant que de distance en distance seulement se rencontrent des

8

types de condensation stables, qui persistent seuls; tandis que les autres, instables ou impossibles, ont été éliminés. Cela se traduit par ce fait que, sur une échelle indéfiniment croissante des poids atomiques, on trouve seulement d'espace en espace les corps simples des chimistes, et l'on constate que leurs propriétés sont dans une certaine relation avec leurs poids atomiques.

De plus, ces différents agrégats sont bien loin d'être représentés en proportions égales, certains sont beaucoup plus répandus, d'autres très rares : il y a donc une probabilité très variable dans leur formation et leur importance.

De la même façon, si nous supposons un tourbillon vital primitif capable de varier de toutes les façons possibles et imaginables, de temps en temps il réalisera des types spéciaux, distincts, viables, au milieu d'une infinité d'autres éphémères ou n'ayant qu'une existence imaginaire. Parmi les premiers, certains seront plus vivaces, plus résistants, d'autres plus fragiles, moins fréquents.

On pourra, de même qu'en chimie, concevoir un classement des types tourbillonnaires, depuis les plus simples et les moins évoluables, jusqu'aux plus complexes et les plus riches en facultés évolutives ultérieures. Comme la stabilité de ces mouvements tourbillonnaires repose uniquement sur les lois de la dynamique de la matière cosmique universelle, nous sommes en droit de conclure que : *Les formes élémentaires de la vie sont partout les mêmes à travers l'espace infini et le temps infini*, absolument comme la lumière sidérale, d'où qu'elle vienne, nous montre dans le spectroscope les mêmes corps simples.

Cependant, il est concevable que toutes les formes possibles de la vie ne persistent pas simultanément sur un même sphéroïde, en raison des circonstances qu'il présente. A la rigueur, des végétaux rabougris, comme les lichens, peuvent, peut-être, vivre sur les rochers lunaires; mais, à coup sûr, il n'y a pas de troupeaux herbivores dans les plaines désolées de notre satellite. La vie sur les lointaines planètes extérieures de notre système, si peu éclairées par l'astre central, doit également être bien limitée. Certaines formes possibles pourront manquer, de même que les chimistes sont encore à chercher certains corps simples probables.

## CHAPITRE VII

### La vie universelle

Depuis le jour où les progrès de l'astronomie ont dissipé l'erreur première, d'après laquelle la terre serait le centre de l'Univers, et ont montré qu'elle n'était qu'un cas particulier de la cosmogonie mondiale, de nombreux penseurs ont émis l'idée que d'autres terres, d'autres planètes, pouvaient fort bien être également habitées. Des solutions diverses de cette question ont été données, les unes de pure imagination, d'autres plus ou moins scientifiques.

En même temps se faisait jour l'hypothèse de la pérennité de la vie, hypothèse inspirée par la pérennité de la matière et la pérennité de l'énergie qui la meut. La panspermie en est une expression, que nous avons déjà signalée.

Ces deux questions, universalité et pérennité, demandent à être réétudiées à la lumière des développements que nous avons établis.

La cosmogonie, c'est-à-dire, l'évolution des corps sidéraux à partir de la matière primordiale, de la matière cosmique universelle, jusqu'à la forme planétaire, peut être envisagée à des points de vue très différents; par exemple, au point de vue purement astronomique, c'est ce qu'a fait Laplace pour la mécanique céleste; ou bien au point de vue physique, et les recherches de spectroscopie stellaire en sont un exemple. Ici nous considérerons la question essentiellement au point de vue biologique; et nous distinguerons deux périodes, 1° celle de la préparation du substratum, et 2° celle de l'apparition et de l'évolution de la vie.

Dans la première période, la prématière commence à se condenser en des corps de poids atomiques extrêmement faibles et probablement destinés à disparaître ultérieurement, tels que le Nébulium, le Coronium, etc. Puis apparaissent des corps réellement stables et pouvant persister indéfiniment; leur ordre de formation successive est, semble-t-il, le même que celui de leurs poids atomiques, et le tableau de classe-

ment, que nous avons donné, au chapitre III, au point de vue biologique, peut également être retenu pour l'ordre d'apparition. Ce sont d'abord les corps fondamentaux H, C, N, O, dans les nébuleuses non résolubles, dans le noyau des comètes, puis les succédanés de la seconde colonne dans les nébuleuses résolubles, dans les soleils; à mesure que ceux-ci vieillissent les corps simples des colonnes suivantes s'ajoutent à leur tour, jusqu'à ce que cette hyperchimie prenne fin avec l'obscurcissement de l'astre et avec le début de la liquéfaction et la solidification définitives. Jusqu'alors l'éclosion de la vie était impossible, soit parce que les corps chimiques fondamentaux n'étaient pas encore rassemblés, soit parce que les conditions physiques n'étaient pas encore réalisées.

2° La seconde période est caractérisée par un état de choses semblable à celui que présentait la terre au seuil du Précambrien. Et nous n'aurions ici qu'à répéter ce que nous avons déjà dit à ce sujet dans le chapitre précédent, en montrant que les germes électriques de la vie trouvent enfin les conditions favorables et nécessaires pour évoluer vers la forme protoplasmique et que ces germes ont ensemencé les premiers océans.

Ajoutons encore qu'ici se passe une des plus grandes crises de l'évolution de la matière cosmique universelle; jusqu'ici tout s'était conformé aux seules lois physico-chimiques et un ordre immuable gouvernait les choses. Mais voici que tout-à-coup, avec l'instantanéité d'un coup de foudre, le monde s'est dédoublé; il y a désormais le monde physique et le monde psychique; et ce dernier se dérobera à chaque instant à la contrainte du monde physique. C'est comme qui dirait un coup d'État, une révolution, dans la Nature.

Si maintenant nous considérons le sort d'un sphéroïde quelconque dans l'espace infini, nous retrouverons nécessairement la même succession de phénomènes; d'abord, constitution des corps simples, puis condensation de la matière cosmique en un noyau condensé, recouvert d'une scorie légère et enveloppé d'une atmosphère gazeuse; ensuite précipitation des premières nappes d'eau au milieu d'orages violents, qui projettent en même temps les premiers germes électriques de la vie. Le programme sera le même partout en thèse générale. Toutefois, il pourra y avoir des variantes dans l'exécution.

Ainsi les premières planètes, Mercure, Vénus et Mars, dont la constitution physique présente de grandes analogies avec la terre, doivent offrir également une grande ressemblance biologique. Mais que dire d'un astre qui, comme la Lune, est privé d'atmosphère? Sans doute cette privation n'est pas primitive; au début, la vie a pu apparaître sur sa surface; mais sa destinée a été tout autre que chez nous. Que dire de nos planètes lointaines, avec leurs densités invraisemblables? Tandis que la densité moyenne de la terre est 5, 44, cellés de ces astres sont :

| | |
|---|---|
| Jupiter | 1,28 |
| Saturne | 0,66 |
| Uranus | 1,14 |
| Neptune | 1,17 |

Nous nous faisons mal une idée d'un monde dont la densité moyenne est celle du bois ou du liège. On a dit que ces planètes n'étaient pas encore complètement condensées; mais comme elles ne sont plus lumineuses par elles-mêmes [1], qu'elles sont conséquemment refroidies, quoique non condensées, elles doivent être surtout gazeuses. Quelle étrange biologie peuvent-elles bien recéler? ? ?..., si tant est que la vie ait pu s'y maintenir.

Si nous nous en tenons à la thèse générale, nous pouvons admettre que chaque système solaire analogue au nôtre, et le nombre en est sans limite, possède tout au moins quelques planètes habitables et présentant une certaine analogie avec la terre. Nous pourrons donc en conclure à l'universalité de la vie à travers l'espace infini.

Quant à la pérennité de la vie, elle ne saurait être admise comme dûe à une filiation ininterrompue, ainsi que le veut la théorie d'Arrhénius. La vie s'arrête fatalement sur une planète, quand celle-ci devient inhabitable, comme la Lune. Mais elle apparaît sur une autre planète en voie d'évolution. Il y a continuité dans l'ensemble, mais discontinuité dans le détail.

On peut dire encore, si l'on veut, qu'il y a virtuellement pérennité de la vie dans l'ensemble de la Nature, vu que la

[1] Jupiter émettrait, dit-on, encore un peu de lumière propre.

vie tient à la constitution essentielle de la matière, à sa double structure intra-atomique et extra-atomique.

Quant à la durée de la vie sur chaque planète et l'étendue de son développement évolutif, nous ne pouvons que nous livrer à des hypothèses très vagues. Comme nous l'avons dit, il est vraisemblable que les formes fondamentales de la vie, les grands embranchements sont les mêmes partout, mais que leur épanouissement est plus ou moins complet, plus ou moins parfait, suivant les conditions du milieu planétaire. Il se peut, en particulier, que, chez les premières planètes de notre système, qui offrent une grande analogie avec la Terre, Mercure, Vénus, Mars, l'évolution ait atteint le stade de l'homme ou de son équivalent planétaire. On se rappelle que ce stade est caractérisé par ce fait que les perfectionnements évolutifs ne s'opèrent plus désormais dans la structure de l'organisme de l'individu, mais se poursuivent indéfiniment dans son industrie. L'outil se sépare définitivement de l'individu, et c'est l'outil, et non plus l'individu, qui continue l'impulsion évolutive. Ce nouveau mode évolutif est en relation avec la prépondérance des fonctions psychiques.

Dans ce stade supérieur, la Nature arrive à la connaissance d'elle-même; la science est la conscience de la Nature.

---

# CHAPITRE VIII

## Résumé

Maintenant que nous sommes arrivés au bout de notre tâche, jetons un regard d'ensemble sur le chemin parcouru. Faisons d'abord remarquer que le plan de ce travail repose tout entier sur deux préoccupations fondamentales, à savoir : 1° rattacher définitivement la vie à l'électricité, et 2° établir la connexion entre le dynamisme vital et le dynamisme universel, dont la vie n'est qu'un cas particulier.

D'ailleurs, quel que soit le système proposé pour expliquer la biologie, ce système est dans l'obligation d'aborder ces deux questions, s'il ne veut pas se condamner lui-même !

Nous avons montré que le rattachement de la vie à l'électricité s'opère facilement, si l'on admet l'intervention de l'intra-atomique dans le dynamisme vital : un chapitre entier a été consacré à cette question, qui offre un horizon tout nouveau pour la biologie.

En nous appuyant sur ces bases nouvelles, nous avons pu aborder sans difficulté les grands problèmes biologiques et leur donner une solution satisfaisante; nous avons pu, en particulier, expliquer *le pourquoi* de la vie dans l'équilibre mondial.

Beaucoup de ces problèmes confinent à la philosophie. Nous avons fait remarquer, en passant, que la philosophie proprement dite est essentiellement anthropocentrique; mais que, dans le domaine biologique, il y a lieu d'élargir les cadres et les définitions des philosophes, de façon à pouvoir faire entrer en ligne tous les êtres vivants de quelle que nature qu'ils soient, végétaux, animaux, aussi bien qu'hommes. Nous concevons ainsi un système philosophique d'ordre supérieur, qui ne sera plus seulement applicable à l'homme ou à son équivalent planétaire, mais qui constituera la philosophie de l'être vivant universel, ou si l'on veut, l'étude du psychisme universel.

Après avoir résumé les propriétés fondamentales du mouvement vital, nous avons abordé la question *du comment de la vie*, c'est-à-dire, la question d'origine. Là nous avons vu se resserrer les relations intimes de la vie avec l'électricité; ce resserrement va jusqu'à l'intimité de l'être procréé avec son procréateur, et le célèbre aphorisme de Spallanzani, *omne vivum ex vivo*, pourrait être paraphrasé ainsi : *primum vivum ex electro !*

Dans mon premier travail [1], en partant de considérations toutes différentes de celles exposées dans ce présent mémoire, j'arrivais à la même conclusion, à savoir, que le germe vital primitif devait être de nature électrique et que les globes électriques rencontrés dans les orages présentaient bien les caractères requis. Ma proposition suscita chez certains critiques un scepticisme non déguisé, sans doute, parce qu'elle bouleversait de fond en comble leurs conceptions familières.

Je n'en reste pas moins convaincu, et plus que jamais, que la vie, comme toute autre chose, peut trouver une explication rationnelle dans le domaine électrique.

[1] Voir l'*Annexe*, ch. XI : Les analogies de mouvements, p. 188 et suiv.

---

# ANNEXE

*Cette annexe comprend trois chapitres conservés sans modification, extraits du premier travail publié en 1897. Il y est question de l'ultramatière, mais non encore de l'intra-atomique.*

## CHAPITRE IX

(*Anciennement Ch. II*)

### Hypothèses relatives à la vie

Les hypothèses relatives à la cause première de la vie sont de trois sortes : métaphysique, chimique et physique.

L'hypothèse métaphysique ou animisme, vitalisme, spiritualisme, voit dans la vie un principe distinct de la matière, capable de la pénétrer et de la mettre en mouvement. C'est la plus ancienne; elle s'est présentée tout naturellement à l'homme à la vue de la mort. Le contraste est si saisissant entre l'être vivant et le cadavre qui, cependant, n'est pas construit autrement, qu'il lui sembla logique de croire que quelque chose en était parti, quelque chose d'une essence différente de la matière et plus subtil, puisque aucune propriété physique proprement dite n'était modifiée dans le cadavre; quelque chose comparable au souffle du vent, ἄνεμος, *anima*, *spiritus*, l'âme, l'esprit.

On est obligé de reconnaître que, à prendre les choses en bloc, cette hypothèse concorde assez bien avec les faits observés, et il n'est pas étonnant qu'elle ait compté et compte encore un nombre considérable de partisans.

Que faut-il en penser scientifiquement?

A mon avis, il faut tout de suite insister sur ce que la majeure partie des phénomènes naturels a pour substratum l'ultramatière, et que leur production ne modifie en rien ni le poids, ni les autres propriétés générales de la matière; tels sont ceux qui se classent dans les chapitres de la pesanteur, de la lumière, de l'électricité, du magnétisme, de la cohésion, de l'affinité chimique. Dès lors il n'y a rien d'illogique à penser que la vie soit une manifestation du même ordre. Remplacez dans la théorie métaphysique le principe immatériel par l'ultramatière, et tout rentre dans les lois fondamen-

tales du monde physique, et tout peut s'expliquer sans faire intervenir d'autre hypothèse.

L'erreur, du reste, est facile à comprendre; l'ultramatière est si subtile, si profondément différente de la matière condensée, que, dans un premier aperçu des choses, on peut se méprendre et ne discerner chez elle que sa puissance d'action, en négligeant sa substance même. N'est-ce pas, du reste, l'agent impondérable des anciens physiciens?

Dans cette manière de voir et conformément à la pensée antique, le corps n'apparaît plus que comme le support, comme l'enveloppe, qui recèle une puissance supérieure.

La conception métaphysique aura servi ainsi de précurseur à la théorie physique de la vie *mode de mouvement*, tout comme l'hypothèse du calorique, sorte de conception également extra-matérielle, a précédé la théorie moderne de la chaleur *mode de mouvement.*

L'hypothèse chimique ou chimisme [1] consiste à admettre que la vie peut trouver son explication dans les propriétés de la matière pondérable.

Elle repose sur cette observation que la vie ne peut subsister que dans certains corps très spéciaux, de composition très complexe,les corps albuminoïdes. Mais tout corps albuminoïde n'étant pas nécessairement animé, on explique cette différence en admettant que, dans des conditions à déterminer du reste, ces substances offriraient une mobilité toute particulière de composition, une instabilité incessante, qui serait le principe même de la vie.

Cette interprétation, particulièrement chère aux chimistes et adoptée également par les physiologistes, ne saurait livrer les clefs de la place, et il est facile de la convaincre d'impuissance. D'abord cette mobilité incessante de structure du protoplasme ne peut s'expliquer par le jeu des forces chi-

[1] Le matérialisme n'est que la forme philosophique de cette même doctrine, en tant que la vie est attribuée seulement à la matière condensée, pondérable, l'ultramatière n'étant pas mise en cause.

Le matérialisme est certainement à côté de la vérité en attribuant la vie à la matière chimique, mais il a raison d'en faire un des attributs de la matière. Le spiritualisme est dans le vrai en disant que le principe de la vie est distinct de la matière qui tombe immédiatement sous nos sens, mais il a le grand tort d'en faire un principe immatériel. *In medio stat verum.*

miques qui, conformément à la loi des proportions définies, tendent à la formation de composés nettement tranchés et distincts; il faut donc qu'un force autre que l'affinité intervienne ici.

D'ailleurs, les états d'équilibre instable d'ordre statique, tant en physique qu'en chimie, n'ont généralement qu'une existence limitée; à un moment donné, sous la pression des forces naturelles, tout rentre dans l'ordre normal. Signalons dans ce genre la surfusion, la sursaturation, la surchauffe d'une part et, d'autre part, les corps instables, éphémères, tels que l'ozone, l'eau oxygénée, les composés explosibles, etc. Il n'en est plus de même si nous passons de la statique à la dynamique. Tout corps en mouvement est plus ou moins en équilibre instable, pour peu que ses liaisons viennent à se modifier : une voiture peut verser, un train peut dérailler, un volant, une meule peuvent éclater. Malgré cela, l'équilibre peut se maintenir indéfiniment, parce que le mouvement possède en lui-même une cause de redressement, de rectification : l'équilibre instable d'un cycliste au repos se transforme par le mouvement en équilibre relativement stable.

Les corps de la chimie sont des exemples d'équilibre statique. Ils se conservent intacts, ou bien passent plus ou moins brusquement d'un système d'équilibre à un autre, après quoi tout est fini, tout rentre dans le repos et on ne prévoit pas pourquoi ils se remettraient en mouvement. Si la vie était d'ordre chimique, elle ne ferait qu'apparaître par intermittence, pour disparaître presque aussitôt.

Au lieu de cela, la vie a franchi, sans interruption jusqu'à nous, la série des âges antérieurs, et elle possède, en définitive, une puissance de résistance considérable. Cela est, chimiquement parlant, incompréhensible.

D'autre part, peut-on dire que la mort ait une signification en chimie? Est-ce que l'oxygène, l'hydrogène meurent? Est-ce que un alcool, une aldéhyde, une amine, un corps quelconque, tant compliqué soit-il, subissent la mort? A la vérité, dira-t-on, la vie est comparable à une réaction chimique, à la combustion d'une flamme qui, fatalement, ont une fin. Ce serait déjà avouer implicitement que la vie est un mouvement, car une réaction chimique est un mouvement. Mais on ne serait pas tiré d'embarras pour cela. Car, comment expliquer que des spores, des graines, des animaux, des végé-

taux desséchés et devenus inertes ou conservés indéfiniment à basse température, peuvent ensuite se ranimer; tandis que, lorsqu'ils sont morts, c'est-à-dire, devenus uniquement des corps chimiques, il n'en est plus de même. Ils possédaient donc autre chose qu'une faculté chimique, autre chose que la mort a détruit.

Les corps chimiques se combinent, se décomposent, se transforment, mais ne meurent pas. Un mouvement, au contraire, peut s'éteindre, peut mourir.

C'est que la vie est un équilibre d'ordre dynamique et non un équilibre d'ordre statique, comme le sont les corps de la chimie.

Le nombre des espèces actuelles est considérable. Si on y ajoutait toutes celles qui ont disparu, on arriverait à un total effrayant, et malgré tout, la composition de la matière protoplasmique est sensiblement la même chez tous les êtres vivants Comment concilier cela avec l'hypothèse chimique?

Les chimistes sont parvenus à synthétiser des corps touchant de près aux albuminoïdes, mais sans arriver à résoudre le problème de la vie, ni même apercevoir quelque piste à suivre avec succès. A bien prendre les choses, leur thèse n'est qu'une reprise déguisée de la théorie de la génération spontanée, qui a été anéantie par les travaux de Pasteur. Ils ont, en effet, avec les hétérogénistes, ce point commun de s'obstiner à vouloir faire surgir la vie des composés de la chimie organique.

Or, il est bien certain qu'au début de la vie, lorsque la terre sortait à peine de l'état de fournaise primitive, il n'y avait à sa surface ni corps organique, ni substance de culture, comme celles des laboratoires. Et, cependant, la vie s'est implantée puissamment.

D'où venait-elle? Ce n'est assurément pas de la chimie organique. « La biologie n'est pas la suite de la chimie organique [1]. » Pour être dans le vrai, il convient de renverser la proposition et de reconnaître que c'est la vie qui a créé la plupart des corps organiques. Il n'y a pas bien longtemps, du reste, avant l'ère des synthèses artificielles, on ne leur connaissait pas d'autre origine.

Ajoutons encore qu'il n'existe aucune ressemblance entre

[1] Ed. Perrier. *Les Colonies animales*, 1881, p. 42.

les modes de groupements imposés à la matière pondérable par les forces chimiques et par la vie. Les premières impriment à la matière une structure très spéciale, une architecture très stricte se traduisant par les formules des chimistes et par l'édification des formes de la cristallisation, dont les lois rigides n'admettent pas d'à peu près, ni d'évolution. La vie, au contraire, modèle la matière dans la *forme organisée*, dont la plastique ne connaît aucune limitation et dont la fécondité défie toute prévision. Il est clair comme le jour qu'une cause tout autre que l'affinité et la cohésion intervient ici.

La vie n'aurait jamais pris un si prodigieux développement, si elle n'était qu'un hasard de combinaisons chimiques. La vie tient d'infiniment plus près au cœur même de la Nature.

En résumé, l'hypothèse chimique est une impasse dans laquelle tout effort d'éclaircissement doit nécessairement échouer. Ce n'est pas à dire pour cela qu'il faille nier l'importance de la chimie biologique; mais il faut bien reconnaître que les forces chimiques sont ici subordonnées à la puissance vitale, et non dominatrices.

Nous arrivons enfin à l'hypothèse physique, qui voit dans la vie un mode de mouvement, et à laquelle nous nous rallions sans hésitation.

Il s'agit bien entendu, d'un mouvement élémentaire, mettant en jeu les particules les plus ténues de la matière. Cette thèse a été déjà indiquée par divers savants, et je ne saurais mieux faire que de résumer les arguments en sa faveur, que M. Ed. Perrier a mis en lumière d'une façon remarquable dans les *Colonies animales*[1].

D'abord, c'est la persistance de l'individualité, malgré le changement continuel des éléments chimiques qui composent sa trame; le mouvement seul peut expliquer une pareille persistance, le mouvement initial pouvant se communiquer sans altération aux nouveaux éléments chimiques, qui entrent incessamment en action.

C'est ensuite la faculté d'évolution.

Comment expliquer, par le jeu de combinaisons chimiques, les transformations successives et continues qu'ont dû subir

[1] Ed. Perrier. *Loc. cit.*, p. 37 et suiv.

les êtres à partir de leurs formes primitives, depuis le début des temps géologiques, pour arriver jusqu'à nous sous leurs formes actuelles? Il n'y a que les mouvements qui, sans perdre leurs qualités initiales, peuvent ainsi conserver la trace de toutes les modifications qu'ils ont progressivement subies.

Le développement embryogénique de l'œuf, que l'on a comparé à l'évolution phylogénétique de l'être vivant durant les âges antérieurs, ne peut s'expliquer par des différences de composition chimique; car le protoplasme est sensiblement constitué par les mêmes albuminoïdes chez tous les êtres. Il se comprendra facilement, au contraire, si l'on admet que les mouvements élémentaires, que recèlent les molécules protoplasmiques, ont subi dans le cours du passé des modifications successives de groupement et que chaque groupement nouveau va, dans le développement de l'embryon, jouer le rôle d'un document, d'une pièce officielle, pour déterminer la forme définitive que doit revêtir l'être adulte.

Ainsi tous les germes, tous les œufs, au début, ont une même structure, une même composition chimique ou sensiblement, et cependant leur développement donne naissance à des êtres totalement différents; c'est que le protoplasme renferme en puissance, sous forme de mouvements documentaires, toute l'histoire en abrégé de l'ancêtre producteur de l'œuf.

Une autre distinction profonde du protoplasme d'avec un composé purement chimique est le fait de la limitation de taille de la cellule, tandis que l'accroissement est indéfini chez le corps minéral. Cela indique que les molécules centrales malgré l'identité, ou peu s'en faut, de composition chimique, ne sont pas dans le même état *dynamique* que les molécules superficielles et que des conditions *mécaniques* spéciales caractérisent le contenu cellulaire.

A ces arguments, énoncés par l'auteur des *Colonies animales*, on peut en ajouter d'autres dans un ordre d'idées tout différent.

Beaucoup de physiologistes et de physiciens, à commencer au moins par Galvani, ont pressenti l'existence de relations intimes entre la vie, l'électricité et le magnétisme. Or, ces forces sont considérées comme des manifestations extérieures des mouvements localisés dans l'ultramatière. Étant donné que les diverses manifestations que peut fournir un même

corps, un même substratum, ont nécessairement entre elles des connexions très étroites, il n'est donc nullement illogique d'admettre que la vie soit elle-même une modalité de mouvement de la substance la plus subtile, c'est-à-dire, de l'ultramatière.

Ces considérations ne sont pas, du reste, les seules qui plaident en faveur de l'explication dynamique des phénomènes vitaux ; il existe encore une autre catégorie de preuves *à posteriori*. Une théorie vraie doit, en effet, non seulement expliquer tous les faits connus, mais en outre en faire prévoir d'autres, qui, moins apparents, ont pu échapper aux investigations antérieures. C'est ainsi qu'en optique la théorie des ondulations a triomphé définitivement de celle de l'émission.

Or, admettre que la vie est un mouvement, a pour corollaire immédiat de conclure à l'existence d'*une énergie de vitalité ;* car tout mouvement correspond à une certaine somme d'énergie. Lorsque, à l'approche d'une gare, le mécanicien bloque les freins de son train, il provoque la transformation de l'énergie de translation du train en énergie calorifique, qui se dissipe dans le milieu ambiant. De même, lorsque la mort envahit un organisme, elle doit provoquer la dégradation de l'énergie vitale en énergie calorifique.

---

## CHAPITRE X

(*Anciennement Ch. III*)

# La Mort et l'Énergie de vitalité

*La mort nous apparaît comme l'anéantissement absolu et irrévocable du mouvement vital ; c'est la dissipation d'une puissance vive, qui faisait de l'être vivant une unité distincte du monde minéral.*

Or, en vertu du principe de la conservation de l'énergie, un mouvement, de quelle que nature qu'il soit, ne peut disparaître sans qu'en son lieu et place n'apparaisse immédiatement une autre manifestation dynamique exactement équivalente. En d'autres termes, il doit exister *une énergie latente de vitalité*, qui est libérée par la mort [1].

Comme, en règle générale, le passage de la vie à la mort n'est accompagné d'aucun travail extérieur, cette énergie doit, en dernière analyse, se retrouver tout entière dans un dégagement de chaleur. En conséquence, *la mort doit être accompagnée d'une restitution de calorique.*

On peut arriver à la même conclusion par une autre voie. Si l'on cherche dans le monde physique une modification de la matière, qui ait quelque analogie avec la mort, on est amené à songer aux changements d'états physiques des corps. La mort est incontestablement un changement d'état intime de la matière et avec perte. Au lieu de cet ensemble étonnant de sensibilité et de motricité, nous ne voyons plus, après la mort, qu'un corps inerte, où seules les forces du monde minéral persistent désormais.

[1] Il importe de remarquer que cette conception d'une énergie de vitalité est indépendante de la nature du substratum, ultramatière ou matière pondérable, auquel on attribue la vie. Elle s'imposerait aussi bien dans l'hypothèse qui veut voir dans la vie un jeu de forces chimiques. En effet, conférer aux particules de la matière vivante des propriétés dynamiques différentes de celles de la matière ordinaire, c'est leur reconnaître implicitement une énergie intrinsèque, que la mort dissipe.

N'y a-t-il pas là une ressemblance frappante avec cette perte de mobilité extrême, que subit la matière en se condensant de l'état gazeux à l'état liquide, ou encore, à un moindre degré, celle qu'elle subit une seconde fois en passant à l'état solide? Or, nous savons que, dans les deux cas, il y a dégagement de chaleur, libération de l'énergie latente de transformation. En d'autres termes, la vie nous apparaît comme un équilibre essentiellement endothermique, et *la mort* comme *la restitution de l'énergie latente de vitalité.*

Il est bien évident, d'ailleurs, qu'un équilibre exothermique, c'est-à-dire, qui nécessiterait une absorption de chaleur pour se détruire, serait incapable de manifestations dynamiques extérieures; tandis qu'un système endothermique trouve en lui-même, par une destruction partielle ou totale, la source même de ces manifestations.

Je ne fais, du reste, qu'exprimer ici, sous une forme scientifique, une conception qui remonte aux temps les plus reculés. En présence de la mort, l'homme s'est pris à croire qu'il sortait de l'individu qui s'éteint une certaine puissance vive, qui l'animait un instant avant; son imagination inquiète et portée au merveilleux dota cette puissance vive de facultés surnaturelles.

Actuellement, il importe de s'en tenir uniquement aux idées précises, de mettre hors de doute l'existence de l'énergie de vitalité et de s'efforcer de l'exprimer en unités énergétiques [1].

Cette étude présente, d'ailleurs, de très sérieuses difficultés. D'abord il n'existe pas de critérium précis pour distinguer les états de vie et de mort, comme il en existe entre les états gazeux et liquide, ou liquide et solide. En second lieu, la mort n'est point un phénomène présentant la brusquerie d'un changement d'état physique; la vie ne s'échappe que progressivement et comme à regret de la matière; la mort n'est jamais un phénomène instantané [2]. Enfin, comme nous

[1] Dans les recherches, qui vont être exposées, l'énergie a été évaluée en calories-gramme. Si l'on voulait passer aux unités mécaniques, il faudrait multiplier les résultats obtenus par *j*, équivalent mécanique de la chaleur; *j* est égal à 41,850 mégergs ou à 4,185 joules.

[2] Il ne peut y avoir d'exception que pour le cas où l'organisme est subitement détruit par un effet mécanique d'une grande violence (écrasement explosion disruptive).

le verrons bientôt, l'énergie de vitalité est toujours relativement faible.

Pour révéler et apprécier cette énergie, nous avons employé trois méthodes qui vont être passées en revue successivement.

### *Méthode du refroidissement*

#### *Animaux à sang chaud* [1]

Le principe de la méthode est le suivant : on provoque brusquement le début de la mort d'un animal (mammifère ou oiseau) de petite taille, soit par strangulation, soit par action de l'acide cyanhydrique; la température baisse progressivement; elle est indiquée par un thermomètre sensible plongeant au milieu des viscères. Pour que le refroidissement ait lieu dans des conditions bien définies, l'animal, suspendu dans un filet léger, est plongé dans un calorimètre à enceinte de glace et dont les parois enduites de noir de fumée sont, par conséquent, maintenues indéfiniment à 0°. Le thermomètre permet d'étudier la loi du refroidissement. Quand la mort est parachevée, le cadavre est retiré, réchauffé à l'étuve à quelques degrés au-dessus de la température initiale, puis replongé dans le calorimètre exactement dans les mêmes conditions [2]; et l'on étudie de la même façon le mode de refroidissement. En comparant les deux résultats, on trouve qu'il n'y a pas d'identité et que la quantité de chaleur libérée dans la première expérience est plus grande que dans la seconde.

L'appareil, dont je me suis servi, est analogue à celui qui a été employé par les physiciens, notamment par Dulong et Petit, pour la détermination des chaleurs spécifiques par la méthode du refroidissement. Il est formé de deux cylindres métalliques concentriques dans l'intervalle desquels on entasse de la glace fondante. Le cylindre central, qui sert de chambre calorimétrique, est fermé par un couvercle excavé,

[1] Les résultats de mes premières expériences, exécutées sur un cobaye, ont été présentés à la Société d'Études Scientifiques d'Angers, dans la séance du 4 février 1886. — Voir Bulletin, année XVI<sup>e</sup>, p. 4.

[2] Il importe que les conditions physiques du rayonnement soient exactement les mêmes dans les deux cas; des précautions minutieuses doivent être prises à cet égard.

recevant également une charge de glace fondante et laissant passer par une tubulure centrale la tige du thermomètre et la cordelette qui soutient le filet. Les physiciens, dans leur recherches, font le vide dans la chambre centrale. Ici, il ne fallait pas compter sur cette complication, étant donné qu'il importait de noter le refroidissement dès le début, très rapidement dans les premiers moments, et toujours dans des conditions physiques identiques.

Dans les deux cas, on observe simultanément la température et le temps; ce qui permet ensuite de représenter la marche du refroidissement soit par un tableau, soit par une courbe.

Je donnerai, comme exemple, les résultats obtenus en opérant sur un petit chat du poids de 160 grammes. Le tableau I est consacré au refroidissement de l'animal vif, le tableau II à celui du cadavre réchauffé. La température est indiquée de degré en degré; en regard figure le temps compté à partir du début de l'expérience. Une colonne latérale donne les différences des temps; chaque nombre de cette colonne indique le temps nécessaire pour la chute de 1°; il représente l'inverse de la vitesse de refroidissement et permet de s'en rendre compte. Il est plus avantageux de porter l'attention sur cette quantité que sur la vitesse elle-même, parce que les diverses particularités du refroidissement doivent être reportées bien plutôt à la température du corps, qui se refroidit, qu'au temps employé pour cela.

Dans le tableau III, en regard de la colonne des températures, sont inscrites les différences $\Delta_1$ et $\Delta_2$ des temps consignés dans les deux premiers tableaux et, dans la dernière colonne, leur propre différence $\Delta_1 - \Delta_2$. Les nombres de cette colonne permettent de se rendre compte de l'inégalité de vitesse de refroidissement dans les deux cas. On voit ainsi que le refroidissement s'effectue toujours plus lentement dans le cas de l'animal vif que dans le cas du cadavre. Il n'y a d'exception que pour deux températures, 14°,5 env. et 2°,5 env., pour lesquelles les vitesses de refroidissement sont momentanément les mêmes. Donc, en dehors de ces deux points particuliers, la quantité de chaleur perdue a été plus considérable pour l'animal vif que pour le cadavre réchauffé; c'est l'émission de cet excès de chaleur, qui détermine à chaque instant le retard $\Delta_1 - \Delta_2$ du refroidissement. C'est là, du reste, un fait général qui s'est toujours reproduit dans toutes

## TABLEAU I (Animal vif)

| θ | t | Δ₁ |
|---|---|---|
| 38 | — 2 | |
| 38 | — 1 | |
| 38 | 0 | |
| | | 4,1 |
| 37 | 4,1 | |
| | | 2,9 |
| 36 | 7,0 | |
| | | 2,8 |
| 35 | 9,8 | |
| | | 2,9 |
| 34 | 12,7 | |
| | | 2,8 |
| 33 | 15,7 | |
| | | 3,0 |
| 32 | 18,5 | |
| | | 3,0 |
| 31 | 21,5 | |
| | | 3,2 |
| 30 | 24,7 | |
| | | 3,4 |
| 29 | 28,1 | |
| | | 3,5 |
| 28 | 31,6 | |
| | | 3,6 |
| 27 | 35,2 | |
| | | 3,6 |
| 26 | 38,8 | |
| | | 3,9 |
| 25 | 42,7 | |
| | | 4,1 |
| 24 | 46,8 | |
| | | 4,3 |
| 23 | 51,1 | |
| | | 4,5 |
| 22 | 55,6 | |
| | I hre | 4,8 |
| 21 | 0,4 | |
| | | 4,9 |
| 20 | 5,3 | |
| | | 5,2 |
| 19 | 10,5 | |
| | | 5,5 |
| 18 | 16,0 | |
| | | 5,8 |
| 17 | 21,8 | |
| | | 6,3 |
| 16 | 28,1 | |
| | | 6,4 |
| 15 | 34,5 | |
| | | 6,8 |

| θ | t | Δ₁ |
|---|---|---|
| 14 | 41,3 | |
| | | 7,7 |
| 13 | 49,0 | |
| | | 8,5 |
| 12 | 57,5 | |
| | II hres | 10,0 |
| 11 | 7,5 | |
| | | 11,5 |
| 10 | 19,0 | |
| | | 12,0 |
| 9 | 31,0 | |
| | | 14,1 |
| 8 | 45,1 | |
| | III hres | 16,9 |
| 7 | 2,0 | |
| | | 20,1 |
| 6 | 22,1 | |
| | | 23,5 |
| 5 | 45,6 | |
| | IV hres | 26,9 |
| 4 | 12,5 | |
| | | 35,3 |
| 3 | 47,8 | |
| | V hres | 58 |
| 2 | 45,8 | |
| | VI hres | |
| | VII hres | 2 h 4,2 |
| 1 | 50 | |
| | VIII hres | |
| | IX hres | |
| | X hres | 2 h 15 |
| 0,6 | 5 | |
| | XI hres | |
| | XII hres | 3 h 30 |
| | XIII hres | |
| 0 | 35 env. | |

## TABLEAU II (Cadavre réchauffé)

| $\theta$ | $t$ | $\Delta_2$ |
|---|---|---|
| 40 | — 3,2 | |
| | | 1,6 |
| 39 | — 1,6 | |
| | | 1,6 |
| 38 | 0 | |
| | | 1,7 |
| 37 | 1,7 | |
| | | 1,8 |
| 36 | 3,5 | |
| | | 1,9 |
| 35 | 5,4 | |
| | | 1,9 |
| 34 | 7,3 | |
| | | 2,0 |
| 33 | 9,3 | |
| | | 2,1 |
| 32 | 11,4 | |
| | | 2,2 |
| 31 | 13,6 | |
| | | 2,4 |
| 30 | 16,0 | |
| | | 2,6 |
| 29 | 18,6 | |
| | | 2,7 |
| 28 | 21,3 | |
| | | 2,8 |
| 27 | 24,1 | |
| | | 3,1 |
| 26 | 27,2 | |
| | | 3,2 |
| 25 | 30,4 | |
| | | 3,4 |
| 24 | 33,8 | |
| | | 3,6 |
| 23 | 37,4 | |
| | | 4,0 |
| 22 | 41,4 | |
| | | 4,2 |
| 21 | 45,6 | |
| | | 4,4 |
| 20 | 50,0 | |
| | | 4,6 |
| 19 | 54,6 | |
| | | 5,0 |
| 18 | 59,6 | |
| | 1 hre | 5,5 |
| 17 | 5,1 | |
| | | 6,1 |
| 16 | 11,2 | |
| | | 6,3 |

| $\theta$ | $t$ | $\Delta_2$ |
|---|---|---|
| 15 | 17,5 | |
| | | 6,8 |
| 14 | 24,3 | |
| | | 7,5 |
| 13 | 31,8 | |
| | | 8,2 |
| 12 | 40,0 | |
| | | 9,2 |
| 11 | 49,2 | |
| | | 10,2 |
| 10 | 59,4 | |
| | II hres | 11,5 |
| 9 | 10,9 | |
| | | 12,9 |
| 8 | 23,8 | |
| | | 15,5 |
| 7 | 39,3 | |
| | | 17,9 |
| 6 | 57,2 | |
| | III hres | 20,5 |
| 5 | 17,7 | |
| | | 25,3 |
| 4 | 43,0 | |
| | IV hres | 35 |
| 3 | 18 | |
| | V hres | 58 |
| 2 | 16 | |
| | VI hres | |
| | VII hres | 1 h 55 |
| 1 | 11 | |
| | VIII hres | |
| | IX hres | 1 h 57 |
| 0,6 | 8 | |
| | X hres | |
| | XI hres | 3 h 25 |
| | XII hres | |
| 0 | 33 env. | |

## TABLEAU III

| θ | $\Delta_1$ | $\Delta_2$ | $\Delta_1 - \Delta_2$ | θ | $\Delta_1$ | $\Delta_2$ | $\Delta_1 - \Delta_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 4,1 | 1,7 | 2,4 | 18 | 5,8 | 5,5 | 0,3 |
| 37 | 2,9 | 1,8 | 1,1 | 17 | 6,3 | 6,1 | 0,2 |
| 36 | 2,8 | 1,9 | 0,9 | 16 | 6,4 | 6,3 | 0,1 |
| 35 | 2,9 | 1,9 | 1,0 | 15 | 6,8 | 6,8 | 0,0 * |
| 34 | 2,8 | 2,0 | 0,8 | 14 | 7,7 | 7,5 | 0,2 |
| 33 | 3,0 | 2,1 | 0,9 | 13 | 8,5 | 8,2 | 0,3 |
| 32 | 3,0 | 2,2 | 0,8 | 12 | 10,0 | 9,2 | 0,8 |
| 31 | 3,2 | 2,4 | 0,8 | 11 | 11,5 | 10,2 | 1,3 |
| 30 | 3,4 | 2,6 | 0,8 | 10 | 12,0 | 11,5 | 0,5 |
| 29 | 3,5 | 2,7 | 0,8 | 9 | 14,1 | 12,9 | 1,2 |
| 28 | 3,6 | 2,8 | 0,8 | 8 | 16,9 | 15,5 | 1,4 |
| 27 | 3,6 | 3,1 | 0,5 | 7 | 20,1 | 17,9 | 2,2 |
| 26 | 3,9 | 3,2 | 0,7 | 6 | 23,5 | 20,5 | 3,0 |
| 25 | 4,1 | 3,4 | 0,7 | 5 | 26,9 | 25,3 | 1,6 |
| 24 | 4,3 | 3,6 | 0,7 | 4 | 35,3 | 35,0 | 0,3 |
| 23 | 4,5 | 4,0 | 0,5 | 3 | 58 | 58 | 0,0 * |
| 22 | 4,8 | 4,2 | 0,6 | 2 | 2 h 42 | 1 h 55 | 9,2 |
| 21 | 4,9 | 4,4 | 0,5 | 1 | 2 h 15 | 1 h 57 | 18 |
| 20 | 5,2 | 4,6 | 0,6 | 0,6 | 3 h 30 | 3 h 25 | 5 |
| 19 | 5,5 | 5,0 | 0,5 | 0 | | | |

mes expériences, avec intercalation des mêmes points d'arrêt dans le retard du refroidissement.

Les deux courbes de refroidissement obtenues par points ont été réunies sur une même planche. Elles ont le même point de départ, la température initiale 38° de l'expérience. Au premier coup d'œil on voit qu'elles ne sont pas identiques ni superposables; il n'y a d'exception que pour les points correspondant aux ordonnées $\theta = 14°,5$, $\theta = 2°,5$; en ces deux points la vitesse de refroidissement étant momentanément la même, la tangente $\frac{d\theta}{dt}$ aux deux courbes a la même valeur.

On peut donner une représentation analytique du retard du refroidissement de l'animal vif sur le cadavre, en assimilant la cause de ce retard à un accroissement momentané et variable $\Delta C$ de la chaleur spécifique C de la matière organique du corps de l'animal.

Dans un temps très court $dt$ le cadavre réchauffé perd une quantité de chaleur $MCd_2\theta$, et l'être vivant qui se refroidit une quantité plus grande $M(C + \Delta C)d_1\theta$, M étant la masse, $\theta$ la température, et les notations $d_1$ et $d_2$ se reportant à l'être vivant et au cadavre.

Si nous supposons le refroidissement arrivé au même degré de température $\theta$ dans les deux cas, les quantités de chaleur émises dans le même temps $dt$ dépendent uniquement de l'étendue des surfaces en regard du corps qui se refroidit et de l'enceinte, et de leur perméabilité calorifique, et, comme à cet égard tout est exactement identique dans les deux cas, il en résulte que ces deux quantités sont rigoureusement égales, ce qui nous permet d'écrire :

$$MCd_2\theta = M(C + \Delta C)d_1\theta.$$

D'où nous déduisons :

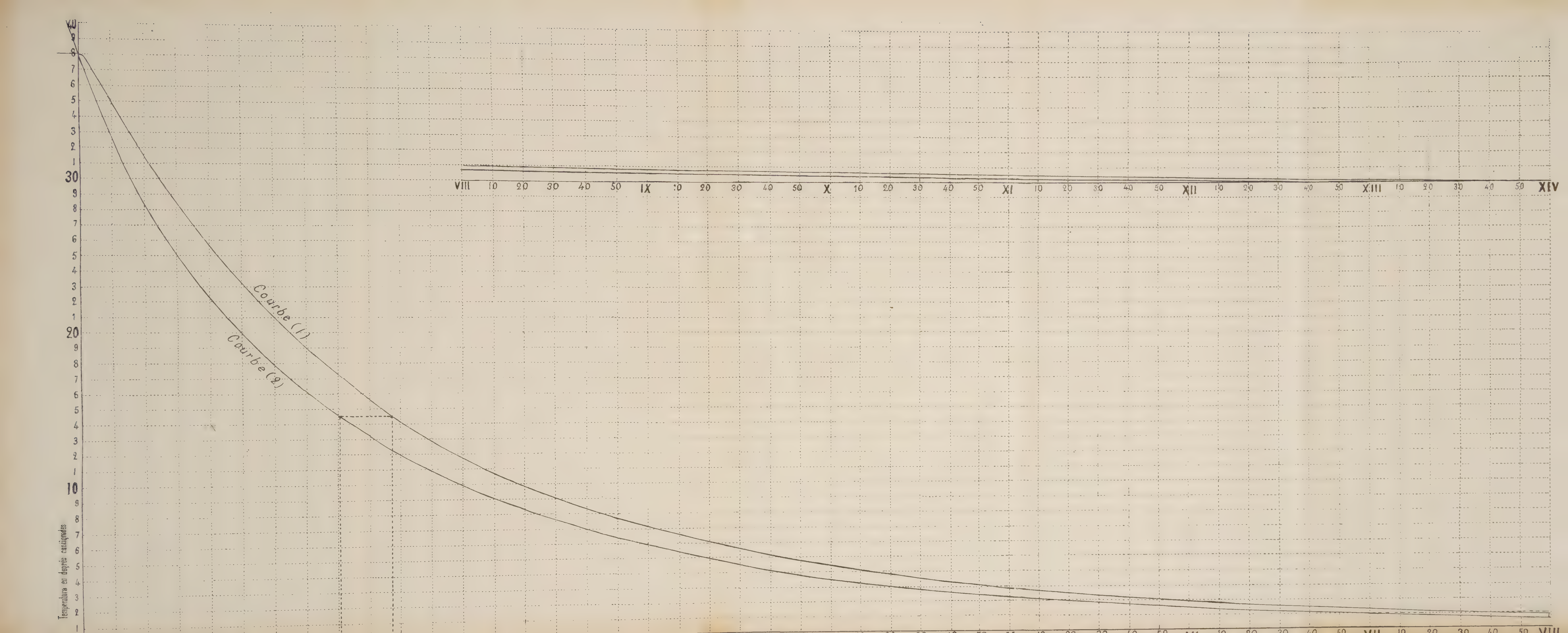
$$\Delta C = C\left(\frac{d_2\theta}{d_1\theta} - 1\right),$$

ou

$$\Delta C = C\left(\frac{\frac{d_2\theta}{dt}}{\frac{d_1\theta}{dt}} - 1\right);$$

et finalement :

$$\Delta C = C\left(\frac{tg\alpha_2}{tg\alpha_1} - 1\right),$$



Courbe (1)
Courbe (2)
Température en degrés centigrades
VIII 10 20 30 40 50 IX 10 20 30 40 50 X 10 20 30 40 50 XI 10 20 30 40 50 XII 10 20 30 40 50 XIII 10 20 30 40 50 XIV

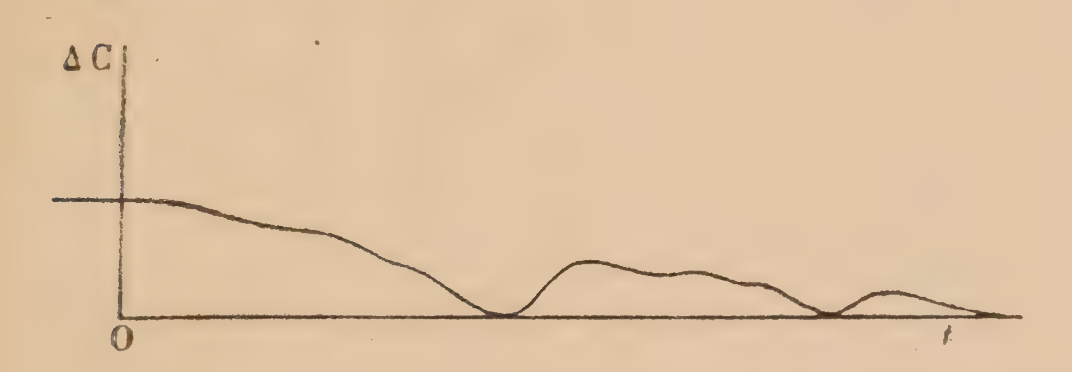
en désignant par $\alpha_1$ et $\alpha_2$ les angles des tangentes géométriques des deux courbes avec l'axe des temps pour une même valeur de l'ordonnée $\theta$. En particulier pour les deux points d'arrêt que nous avons signalés, nous aurons :

$$\alpha_1 = \alpha_2$$

et par conséquent,

$$\Delta C = 0.$$

J'ai représenté schématiquement la variation de $\Delta C$ dans la courbe suivante.




Nous voyons que, dans la vie normale, $\Delta C$ fait équilibre à chaque instant au refroidissement; car une température constante, supérieure à celle du milieu, peut être considérée comme la résultante d'une série de refroidissements et de réchauffements égaux s'opérant dans des intervalles de temps infiniment courts; en conséquence, la courbe est horizontale avant le commencement de l'expérience. Mais, aussitôt que la mort commence, par suite de l'arrêt du cœur et des poumons, la valeur de $\Delta C$ faiblit progressivement jusqu'à zéro pour le premier point d'arrêt, puis se relève à nouveau et s'annule pour le deuxième point d'arrêt, et enfin se relève une dernère fois pour retomber à zéro définitivement.

L'inspection du tableau III nous montre que les différences $\Delta_1 - \Delta_2$ et par conséquent $\Delta C$, ne varient pas d'une façon régulière entre chaque intervalle; on constate, et c'est là un fait général qui a été observé dans toutes les expériences, que l'émission de la chaleur en excès se fait par intermittence; il y a comme des sortes de bouffées de chaleur qui retardent momentanément la chute du thermomètre, comme des sortes d'*explosions* calorifiques successives. Cela semble indiquer que les divers éléments vitaux se rupturent par groupes de même nature, la rupturation de l'un provoquant celle des autres.

Toutefois, à prendre les choses en bloc, la restitution de l'énergie de vitalité nous apparaît comme s'opérant en trois périodes séparées par deux arrêts.

Avant d'aborder l'interprétation de ces trois périodes, il est bon de prévenir l'objection suivante : ces dégagements de chaleur surnuméraires ne proviendraient-ils pas de réactions chimiques s'opérant dans les tissus?

Pour ce qui est de la première période et au début de la mort, il n'est pas douteux qu'il y ait continuation des phénomènes chimiques qui maintiennent, dans les conditions normales, la température constante de l'organisme. La première courbe de refroidissement est, au début, la continuation momentanée de l'isotherme de 38°, température normale du corps de l'animal. A l'origine sa tangente est horizontale, puis elle s'infléchit rapidement, par suite de la suppression de l'accès de l'air dans les poumons et de l'arrêt de la circulation, et bientôt sa courbure change de sens; alors commence un refroidissement véritable, mais moins rapide que le refroidissement physique proprement dit.

Mais, tout en admettant l'intervention des forces chimiques, est-ce à dire pour cela que cette première partie du phénomène soit uniquement d'ordre chimique? Évidemment non, car on aura beau faire passer aussi abondamment qu'on voudra le sang le plus oxygéné dans le système vasculaire d'un cadavre, jamais on n'obtiendra une température constante, supérieure à celle du milieu. Il faut, pour obtenir ce résultat, l'intervention de la vie; la chaleur animale n'est point un phénomène purement chimique, ce n'est point une oxydation lente dans le sens propre du mot, c'est un phénomène essentiellement subordonné à la vie, qu'elle seule peut provoquer. Si cette production de chaleur se continue encore, en s'affaiblissant toutefois, c'est que la mort n'est point instantanée; cette première partie de l'émission de chaleur appartient bien et dûment, comme tout le reste, au bilan de l'énergie vitale, et la chimie n'a rien à réclamer !

Vient encore la question de la coagulation de certains albuminoïdes, notamment de la myosine. On sait qu'au bout d'un certain temps, après le commencement de la mort, se déclare la rigidité cadavérique, dûe à la coagulation de la substance des muscles. Dans mes recherches, ce phénomène s'est montré à son maximum dans la seconde période. Comme

il y a un changement d'état physique, on peut croire, à priori, qu'il y a, par le fait même, dégagement de chaleur. La question méritait une enquête spéciale.

J'ai étudié à cet effet, au point de vue thermique, la coagulation d'un certain nombre de substances protéiques non vivantes, telles que le lait, l'albumine, la gélatine, la fibrine, en ayant bien soin d'éviter les complications d'ordre chimique, ou en les défalquant par des mesures comparatives avec et sans coagulation. Il m'a été impossible de mettre en évidence dans ces changements moléculaires aucune quantité appréciable de chaleur. Il n'y a pas lieu de s'en étonner, du reste; le passage d'un corps colloïde, plus ou moins visqueux, en un solide mou et peu cohérent, ne constitue pas, à proprement parler, une transformation physique comparable à la solidification, mais seulement une très faible modification allotropique.

De ce nouveau chef, il reste donc bien établi que la chaleur observée est uniquement imputable à la destruction du mouvement vital et à la restitution de son énergie latente.

La première période du refroidissement est la continuation de la vie normale, mais avec une perte d'énergie qui ne se renouvelle plus. Dans la vie normale, ce renouvellement a lieu constamment, grâce à la circulation. Actuellement chaque cellule de l'organisme est rendue indépendante et elle use progressivement l'énergie dont elle pouvait disposer immédiatement. C'est pourquoi j'appellerai cette énergie *énergie disponible et renouvelable* ou encore *énergie active.*

Sa disparition ne détermine pas nécessairement la *mort irrémédiable.* Nous en avons une preuve démonstrative dans l'homme lui-même. Dans les cas de mort apparente, de léthargie, toute manifestation vitale cesse, le corps se refroidit jusqu'à la température du milieu; tous les symptômes de la mort sont réunis à tel point que des méprises ont eu lieu. La possibilité d'inhumation prématurée a vivement surexcité l'imagination publique, la presse s'est également émue de la question et diverses solutions ont été proposées pour décider entre la vie et la mort. Je répéterai que la rigidité cadavérique est particulièrement caractéristique de la seconde période; c'est là une période beaucoup plus avancée de la mort, et il me paraît invraisemblable qu'on puisse en revenir. Car, si une velléité de retour à la vie se manifestait,

elle en serait empêchée par la rigidité même de l'organisme. Je pense donc que l'on pourrait prendre la rigidité cadavérique comme signe caractéristique de la *mort légale.* Il ne faudrait pas croire, toutefois, que la mort définitive fût encore atteinte.

Lorsqu'un organisme est surmené (animal forcé à la chasse, soldat sur le champ de bataille), son énergie active est presque totalement épuisée. S'il est atteint mortellement, la seconde phase de la mort survient immédiatement avec la rigidité cadavérique, et il reste immobilisé dans l'attitude où il se trouvait au moment où il a été frappé.

Après la disparition de l'énergie active un arrêt se produit, puis apparaît une seconde émission de chaleur. Quelle interprétation faut-il en donner?On peut dire,de prime abord, que tous les éléments du corps ne meurent pas en même temps, que certaines cellules, pour employer une expression familière, ont la vie plus dure les unes que les autres. Toutefois, on ne s'expliquerait pas facilement cet arrêt; il devrait y avoir continuité dans la destruction.

Je pense bien plutôt qu'il s'agit ici de la restitution d'une énergie toute spéciale, qui appartient à toute cellule vivante et se détruit à son tour, quand la première a disparu. C'est ce que j'appellerai l'*énergie de réserve.* Elle est plus profondément engagée dans l'intimité du protoplasme; c'est elle qui, dans la vie normale, régénère à chaque instant l'énergie active à mesure de son usure. C'est un fonds de réserve, qui n'intervient personnellement que dans les circonstances exceptionnelles. Dans la léthargie, c'est lui qui restaure à un moment donné l'énergie active et permet à l'individu de revenir à la vie et de reprendre ses sens. Quand ce fonds est entamé, le retour à la vie devient problématique, d'autant plus que la rigidité cadavérique se déclare.

Une fois l'énergie de réserve épuisée, un nouvel arrêt intervient; puis une dernière émission de chaleur se déclare. Elle doit correspondre à une énergie encore plus profondément cachée, à une partie de l'organisme cellulaire plus protégé, plus central et ne mourant qu'en dernier lieu; le noyau cellulaire est tout indiqué : c'est l'*énergie nucléaire.*

Dans les famines épouvantables, qui réapparaissent périodiquement dans l'Inde [1], on voit certains individus arriver

[1] *La Nature*, 1877,II, p. 250. — 1892, II, p. 173.

au dernier terme de l'émaciation, à tel point qu'ils ressemblent à des momies vivantes et sont à peu près incapables d'aucune manifestation vitale. Il est bien certain que l'énergie disponible et l'énergie de réserve des cellules chez ces malheureux sont sensiblement réduites à zéro. Cependant quelques-uns réchappent, lorsque les vivres leur sont distribués à temps. Il ne leur reste plus guère que l'énergie nucléaire. Mais, le noyau, dépositaire du plan architectural de l'être vivant et du pouvoir organisateur, peut, lorsque les aliments affluent, reconstituer le protoplasme et réparer les pertes cellulaires : les tissus se reforment, l'organisme reprend le dessus et les fonctions vitales sont rétablies. Ainsi donc le noyau ne meurt qu'en dernier lieu [1].

Il était intéressant de vérifier cette présomption par l'expérience. On sait, en particulier, que les globules rouges du sang n'ont pas de noyau chez les vertébrés à sang chaud. J'ai procédé à l'étude du refroidissement de masses variables de sang provenant de divers animaux. Le sang, immédiatement au sortir de l'organisme, était traité comme il a été indiqué pour les animaux entiers. Je donne ici un ensemble de tableaux consignant les résultats obtenus avec un poids de 55 grammes de sang de lapin.

L'inspection du tableau III montre immédiatement que l'énergie nucléaire fait défaut, car la différence $\Delta_1 - \Delta_2$ s'annule à partir de 9°, les deux refroidissements s'identifiant dès ce moment; il n'y a pas d'émission d'énergie nucléaire ; donc : *pas de noyau, pas d'énergie nucléaire* [2].

Il y a lieu de remarquer que l'écart des deux refroidissements est toujours très faible et la distinction entre les énergies active et de réserve est problématique : l'énergie totale est très faible. Il faut, du reste, se rappeler que les $\frac{9}{10}$ de la masse d'un globule rouge sont occupés par l'hémoglobine, substance

[1] Il semble que les rayons X, quand ils ont une grande intensité et que la durée de pose a été considérable, exercent une action particulièrement fâcheuse sur le noyau cellulaire; contrairement à ce qui a lieu dans la mort naturelle, le noyau périrait le premier; le cytoplasme, privé de son noyau, subirait ultérieurement le même sort; de là ces escares et ces plaies difficiles à guérir et qui ne se déclarent qu'au bout d'un certain temps.

[2] A la vérité, le sang renferme des globules blancs munis de noyaux; mais leur nombre est restreint et paraît être sans influence.

## TABLEAU I (Sang vif)

| $\theta$ | $t$ | $\Delta_1$ |
|---|---|---|
| 37,6 | — 2 | |
| 37,6 | — 1 | |
| 37,6 | — 0 | |
| | | 2,1 |
| 37 | 2,1 | |
| | | 1,9 |
| 36 | 4,0 | |
| | | 1,6 |
| 35 | 5,6 | |
| | | 1.5 |
| 34 | 7,1 | |
| | | 1,5 |
| 33 | 8,6 | |
| | | 1,5 |
| 32 | 10,1 | |
| | | 1,5 |
| 31 | 11,6 | |
| | | 1,6 |
| 30 | 13,2 | |
| | | 1,7 |
| 29 | 14,9 | |
| | | 1,7 |
| 28 | 16,6 | |
| | | 1,8 |
| 27 | 18,4 | |
| | | 1,9 |
| 26 | 20,3 | |
| | | 2,0 |
| 25 | 22,3 | |
| | | 2,1 |
| 24 | 24,4 | |
| | | 2,3 |
| 23 | 26,7 | |
| | | 2,3 |
| 22 | 29,0 | |
| | | 2,5 |
| 21 | 31,5 | |
| | | 2,6 |
| 20 | 34,1 | |
| | | 2,6 |
| 19 | 36,7 | |
| | | 2,8 |
| 18 | 39,5 | |
| | | 3,1 |
| 17 | 42,6 | |
| | | 3,3 |
| 16 | 45,9 | |
| | | 3,8 |
| 15 | 49,7 | |
| | | 3,9 |
| 14 | 53,6 | |
| | | 4,2 |
| 13 | 57,8 | |
| | I hre | 4,6 |
| 12 | 2,4 | |
| | | 4,9 |
| 11 | 7,3 | |
| | | 5,5 |
| 10 | 12,8 | |
| | | 6,3 |
| 9 | 19,1 | |
| | | 7,7 |
| 8 | 26,8 | |
| | | 8,5 |
| 7 | 35,3 | |
| | | 10,4 |
| 6 | 45,7 | |
| | | 12,5 |
| 5 | 58,2 | |
| | II hres | 17,0 |
| 4 | 15,2 | |
| | | 23,8 |
| 3 | 39,0 | |
| | III hres | 46 |
| 2 | 25 | |
| | IV hres | 1 h 30 |
| 1 | 55 | |
| | V hres | |
| | VI hres | 2 h 10 |
| | VII hres | |
| 0 | 5 env. | |

## TABLEAU II (Sang réchauffé)

| θ | t | $\Delta_1$ |
|---|---|---|
| 39....... | — 1,5 | |
| | ....... | 1,1 |
| 38....... | — 0,6 | |
| 37,6..... | 0 | 1,1 (0,5) |
| 37....... | 0,5 | |
| | ....... | 1,2 |
| 36....... | 1,7 | |
| | ....... | 1,2 |
| 35....... | 2,9 | |
| | ....... | 1,3 |
| 34....... | 4,2 | |
| | ....... | 1,4 |
| 33....... | 5,6 | |
| | ....... | 1,4 |
| 32....... | 7 | |
| | ....... | 1,5 |
| 31....... | 8,5 | |
| | ....... | 1,5 |
| 30....... | 10 | |
| | ....... | 1,6 |
| 29....... | 11,6 | |
| | ....... | 1,6 |
| 28....... | 13,2 | |
| | ....... | 1,7 |
| 27....... | 14,9 | |
| | ....... | 1,8 |
| 26....... | 16,7 | |
| | ....... | 1,9 |
| 25....... | 18,6 | |
| | ....... | 2,1 |
| 24....... | 20,7 | |
| | ....... | 2,2 |
| 23....... | 22,9 | |
| | ....... | 2,3 |
| 22....... | 25,2 | |
| | ....... | 2,4 |
| 21....... | 27,6 | |
| | ....... | 2,5 |
| 20....... | 30,1 | |
| | ....... | 2,6 |
| 19....... | 32,7 | |
| | ....... | 2,7 |
| 18....... | 35,4 | |
| | ....... | 3,0 |
| 17....... | 38,4 | |
| | ....... | 3,3 |
| 16....... | 41,7 | |
| | ....... | 3,7 |

| θ | t | $\Delta_1$ |
|---|---|---|
| 15..... | 45,4 | |
| | ......... | 3,9 |
| 14..... | 49,3 | |
| | ......... | 4,1 |
| 13..... | 53,4 | |
| | ......... | 4,5 |
| 12..... | 57,9 | |
| | I hre | .... 4,8 |
| 11..... | 2,7 | |
| | ......... | 5,4 |
| 10..... | 8,1 | |
| | ......... | 6,2 |
| 9..... | 14,3 | |
| | ......... | 7,7 |
| 8..... | 22,0 | |
| | ......... | 8,5 |
| 7..... | 30,5 | |
| | ......... | 10,4 |
| 6..... | 40,9 | |
| | ......... | 12,5 |
| 5..... | 53,4 | |
| | II hres | .... 17 |
| 4..... | 10,4 | |
| | ......... | 23,6 |
| 3..... | 34 | |
| | III hres | .... 46 |
| 2..... | 20 | |
| | IV hres | 1 h 30 |
| 1..... | 50 | |
| | V hres | |
| | VI hres | 2 h 10 |
| | VII hres | |
| 0..... | 0 env. | |

## TABLEAU III

| $\theta$ | $\Delta_1$ | $\Delta_2$ | $\Delta_1-\Delta_2$ | $\theta$ | $\Delta_1$ | $\Delta_2$ | $\Delta_1-\Delta_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37,6 | 2,1 | 0,5 | 1,6 | 18 | 3,1 | 3,0 | 0,1 |
| 37 | 1,9 | 1,2 | 0,7 | 17 | 3,3 | 3,3 | 0,0 |
| 36 | 1,6 | 1,2 | 0,4 | 16 | 3,8 | 3,7 | 0,1 |
| 35 | 1,5 | 1,3 | 0,2 | 15 | 3,9 | 3,9 | 0,0 |
| 34 | 1,5 | 1,4 | 0,1 | 14 | 4,2 | 4,1 | 0,1 |
| 33 | 1,5 | 1,4 | 0,1 | 13 | 4,6 | 4,5 | 0,1 |
| 32 | 1,5 | 1,5 | 0,0 | 12 | 4,9 | 4,8 | 0,1 |
| 31 | 1,6 | 1,5 | 0,1 | 11 | 5,5 | 5,4 | 0,1 |
| 30 | 1,7 | 1,6 | 0,1 | 10 | 6,3 | 6,2 | 0,1 |
| 29 | 1,7 | 1,6 | 0,1 | 9 | 7,7 | 7,7 | 0,0 |
| 28 | 1,8 | 1,7 | 0,1 | 8 | 8,5 | 8,5 | 0,0 |
| 27 | 1,9 | 1,8 | 0,1 | 7 | 10,4 | 10,4 | 0,0 |
| 26 | 2,0 | 1,9 | 0,1 | 6 | 12,5 | 12,5 | 0,0 |
| 25 | 2,1 | 2,1 | 0,0 | 5 | 17 | 17 | 0,0 |
| 24 | 2,3 | 2,2 | 0,1 | 4 | 23,8 | 23,6 | 0,2 |
| 23 | 2,3 | 2,3 | 0,0 | 3 | 46 | 46 | 0,0 |
| 22 | 2,5 | 2,4 | 0,1 | 2 | 1 h 30 | 1 h 30 | 0,0 |
| 21 | 2,6 | 2,5 | 0,1 | 1 | 2 h 10 | 2 h 10 | 0,0 |
| 20 | 2,6 | 2,6 | 0,0 | 0 | | | |
| 19 | 2,8 | 2,7 | 0,1 | | | | |

purement organique, et que le protoplasme ne joue qu'un rôle secondaire. Les hématies semblent n'avoir qu'une existence de courte durée; lancées dans la circulation avec une certaine provision d'énergie vitale, elles marchent jusqu'à épuisement de cette énergie, pour être remplacées par de nouvelles qui subissent le même sort.

Les biologistes divisent la matière protoplasmique qui constitue l'unité vivante, la cellule, en deux parties, le cytoplasme et le noyau. Il n'y a pas de doute que l'énergie active et l'énergie de réserve ne soient uniquement localisées dans le cytoplasme. Quant à l'énergie nucléaire, il est vraisemblable qu'elle se partage elle-même d'une façon analogue. Lorsque le noyau intervient visiblement dans l'ordonnancement de la cellule, une partie seulement de sa masse entre en scène, l'autre reste en réserve. Nous pourrons donc représenter la répartition de l'énergie de la cellule d'après le tableau suivant :

| | | |
|---|---|---|
| Énergie totale | Énergie cytoplasmique | Énergie active |
| | | Énergie de réserve |
| | Énergie nucléaire | Énergie active |
| | | Énergie de réserve |

Nous pouvons maintenant nous demander s'il est possible de tirer des constatations précédentes une évaluation en unités physiques des diverses parties de l'énergie de vitalité.

La question n'est point insoluble; toutefois, il importe de remarquer que nous avons affaire ici à une méthode très indirecte comportant de nombreuses causes d'inexactitude, et qu'on ne saurait en espérer des déterminations précises. Les nombres obtenus donneront cependant une idée de l'ordre de grandeur des quantités qui nous occupent.

Comme, dans ces expériences, l'écart de la température du corps de l'animal sur celle de l'enceinte n'est pas très considérable (moins de 40°), nous pouvons admettre que la loi du refroidissement de Newton est applicable sans trop d'erreur.

Dès lors, quels que soient l'origine première et le mode d'émission de la chaleur rayonnée par le corps, la quantité de chaleur $dq$, qui s'échappe pendant un temps $dt$, est propor-

tionnelle à l'excès $\theta$ de la température du corps sur celle de l'enceinte et peut s'exprimer sous la forme

$$dq = K \theta \, dt,$$

la constante K dépendant de l'étendue et des pouvoirs de perméabilité calorifique des surfaces en regard, du corps et de l'enceinte.

Or, $\theta \, dt$ est l'élément différentiel de la surface limitée par la courbe de refroidissement et, en intégrant de 0 à $\infty$, nous aurons :

$$Q = \int_0^{+\infty} K \theta \, dt = K S,$$

S étant la surface comprise entre la courbe de refroidissement et les axes de coordonnées.

Appelons :

$S_1$ la surface limitée par la courbe (1),
$S_2$ la surface limitée par la courbe (2),
$\Sigma = S_1 - S_2$ la surface de la boucle qu'elles laissent entre elles;

$Q_1$, $Q_2$, $Q_3$, les quantités de chaleurs correspondant aux surfaces $S_1$, $S_2$, $\Sigma$, nous aurons :

$$Q_1 = K \, S_1$$
$$Q_2 = K \, S_2$$
$$Q_3 = K \, \Sigma.$$

Cette dernière quantité $Q_3$ exprime l'excès de la chaleur émise dans le premier cas sur le second, elle représente l'*énergie totale de vitalité.* Nous savons qu'elle se décompose elle-même en plusieurs parties. Nous la divisons ici provisoirement en deux parties seulement, sauf à y revenir ultérieurement, et nous désignerons par

$q_1$ l'énergie active,

et

$q_2$ la somme de l'énergie de réserve et de l'énergie nucléaire réunies;

en sorte que nous aurons :

$$Q_3 = q_1 + q_2$$

Il s'agit maintenant d'évaluer ces deux dernières quantités. A cet effet, nous allons supposer que la courbe (2) du refroi-

dissement physique glisse parallèlement à elle-même sur l'axe des temps jusqu'à venir couper la courbe (1) au premier point d'arrêt correspondant à la température de 14°,5, pour laquelle les deux courbes ont la même tangente, les deux vitesses de refroidissement étant momentanément les mêmes[1]. Nous supposerons alors que c'est seulement à partir de ce point qu'a commencé l'étude du refroidissement dans les deux cas, l'origine des coordonnées étant reportée au point t = 1 h. 37',5, abscisse du point d'arrêt $\theta = 14°,5$.

Appelons :

$S'_1$ la surface actuellement limitée par la courbe (1),

$S'_2$ la surface actuellement limitée par la courbe (2) transportée,

$\Sigma' = S'_1 - S'_2$ la surface de la boucle comprise actuellement entre les deux courbes;

et désignons par $Q'_1$, $Q'_2$, $Q'_3$ les quantités de chaleurs correspondantes, nous aurons :

$$Q'_1 = K \ S'_1$$
$$Q'_2 = K \ S'_2$$
$$Q'_3 = K \ \Sigma'.$$

Or, la dernière quantité $Q'_3$ n'est autre chose que la réunion de l'énergie de réserve et de l'énergie nucléaire, car la seconde boucle est dûe au retard du refroidissement provoqué par l'émission successive de ces deux énergies. Nous aurons donc :

$$q_2 = K \ \Sigma'$$

et par conséquent, en tenant compte des relations précédentes

$$q_1 = K \ (\Sigma - \Sigma').$$

En faisant glisser une seconde fois la courbe (2) jusqu'à la faire couper la courbe (1) au second point d'arrêt correspondant à la température $\theta = 2°,5$, on isolerait, entre la courbe (1) et la courbe (2) transportée, une dernière boucle dont la superficie serait proportionnelle à l'énergie nucléaire. Comme

[1] On a ainsi un point de contact d'ordre supérieur, les deux courbes étant tangentes tout en se coupant (point d'osculation). Si l'on fait se croiser les deux courbes en tout autre point que les deux points d'arrêt, la courbe (1) passera toujours au-dessus de la courbe (2); car, le refroidissement étant plus lent dans le premier cas, l'ordonnée de la courbe (1) décroît moins vite que l'ordonnée de la courbe (2).

cette dernière quantité est très faible, son évaluation n'est pas sans présenter quelque incertitude. Nous nous contenterons, pour le moment, des deux premières déterminations.

Il est facile d'exprimer ces diverses quantités en calories-gramme. En effet, $Q_2$ représente la chaleur perdue par le cadavre, en tant que corps inerte, quand sa température tombe de la valeur initiale T à 0°. En appelant M son poids et C sa chaleur spécifique[1], nous avons :

$$Q_2 = MCT$$

D'autre part, des relations précédentes nous déduisons :

$$\frac{q_2}{Q_2} = \frac{\Sigma'}{S_2} ;$$

d'où

$$q_2 = MCT \frac{\Sigma'}{S_2}$$

et

$$\frac{q_2}{M} = CT \frac{\Sigma'}{S_2} .$$

De même

$$\frac{q_1}{Q_2} = \frac{\Sigma - \Sigma'}{S_2}$$

$$\frac{q_1}{M} = CT \frac{\Sigma - \Sigma'}{S_2} ;$$

et enfin

$$\frac{q_1 + q_2}{M} = \frac{Q}{M} = CT \frac{\Sigma}{S_2} .$$

En résumé, nous avons :

$\frac{Q}{M} = CT \frac{\Sigma}{S_2}$ énergie totale,

$\frac{q_1}{M} = CT \frac{\Sigma - \Sigma'}{S_2}$ énergie active,

$\frac{q_2}{M} = CT \frac{\Sigma'}{S_2}$ énergie de réserve et nucléaire,

ces diverses quantités étant rapportées à 1 gramme de matière.

La question revient dès lors à l'estimation des surfaces $\Sigma$, $\Sigma'$ et $S_2$. La solution la plus expéditive est la suivante :

[1] La valeur de C est loin d'être d'une détermination certaine. J'ai pris C = 0,8, comme moyenne de résultats obtenus par diverses méthodes.

les contours limitatifs de ces surfaces sont reportés sur une même feuille de papier à décalquer bien homogène, et l'on découpe le papier suivant ces contours; les parties détachées sont ensuite pesées [1]; comme le rapport des surfaces intervient seul, l'épaisseur du papier est indifférente.

[1] On simplifie l'évaluation de la surface $\Sigma - \Sigma'$ par les considérations géométriques suivantes :

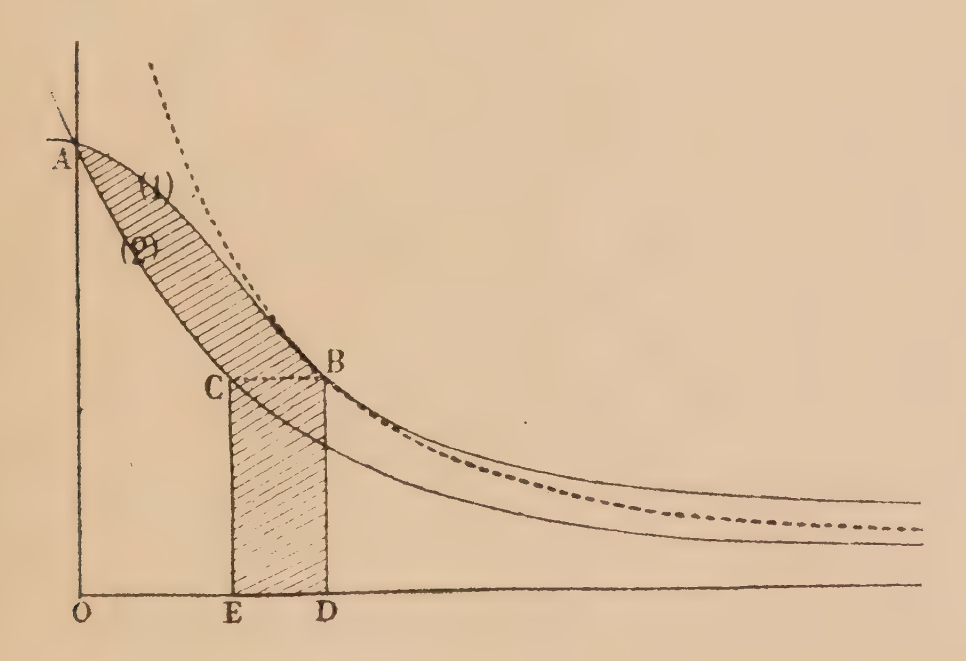
Faisons glisser sur l'axe des abscisses, comme il a été dit précédemment, la courbe (2) jusqu'à ce qu'elle soit tangente à la courbe (1) au point B, premier point d'arrêt dans le refroidissement anormal de l'être vivant. Le point B devient actuellement un point d'osculation pour les deux courbes. Soit D son abscisse. Nous avons vu que l'on a :

$$\Sigma = S_1 - S_2$$
$$\Sigma' = S'_1 - S'_2;$$

d'où :

$$\Sigma - \Sigma' = S_1 - S_2 - (S'_1 - S'_2)$$

Il est facile de voir que $S_1 - S_2$ est représentée sur la figure ci-contre par la surface limitée par le contour O.A.(1).B.D.O.




En effet, c'est bien cette fraction de la surface limitée par la courbe(1) et les axes de coordonnées qui est perdue, quand on transporte l'origine des coordonnées au point D, abscisse du point B, et que l'on suppose que le refroidissement ait commencé à être observé à partir du premier point d'arrêt. On a donc :

$$S_1 - S_2 = \text{Surf. O.A.(1).B.D.O.}$$

Par le point B, menons BC parallèle à l'axe des abscisses; cette droite coupe la courbe (2) au point C. On verra, de même, que $S'_1 - S'_2$ est représenté par la surface limitée par le contour O.A.(2).C.E.O. Cette aire représente, en effet, la perte subie par la surface que limitent la courbe (2) et

C'est par ce moyen qu'ont été déterminés les éléments du tableau suivant, dans lequel ont été consignés les résultats des meilleures expériences. En première ligne sont placés les éléments relatifs à la planche qui accompagne ce travail.

| | Température initiale | Énergie totale | Énergie active | Énergie de réserve et nucléaire | 1er point d'arrêt | 2e point d'arrêt |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jeune chat (*Felis catus*) (p = 160 gr.) | 38° | 5,79 | 4,31 | 1,48 | 14°,5 | 2°,5 |
| Cobaye (*Cavia cobaya*) (p = 322 gr.) | 37°,6 | 6,36 | 3,03 | 3,33 | 14° | 3° |
| Rat gris (*Mus decumanus*) (p = 237 gr.) | 37°,5 | 6,07 | 4,38 | 1,69 | 14° | 3°,5 |
| Souris (*Mus musculus*) (p. = 13 gr, 5) | 37°,6 | 6,31 | 4,13 | 2,18 | 14°,5 | 3° |
| Jeune pigeon (*Columba livia*) (p. = 260 gr.) | 40°,6 | 5,98 | 3,82 | 2,16 | 17° | 2°,5 |
| Pinson (*Fringilla cœlebs*) (p. = 15 gr.) | 42°,2 | 6,72 | 5,10 | 1,62 | 19° | 2° |
| Sang de lapin (p = 55 gr. | 37°,6 | 1,81 | | | | |
| Sang de mouton (p = 250 gr.) | 37°,6 | 1,9 | | | | |

*Énergie nucléaire.* — L'énergie nucléaire est toujours très faible et, comme son évaluation ne peut se faire que par défalcation sur l'énergie totale des deux autres énergies, on conçoit que toute erreur sur les premières déterminations retentisse d'une façon considérable sur cette dernière. C'est

les axes de coordonnées, si l'on ne fait commencer le refroidissement qu'à partir du premier point d'arrêt. On a ainsi :

$$S'_1 - S'_2 = \text{Surf.O.A.(2).C.E.O},$$

et par conséquent :

$$\Sigma - \Sigma' = \text{Surf.O.A.(1).B.D.O} - \text{Surf.O.A.(2).C.E.O.}$$

Cette différence est représentée par la surface couverte de hachures, sur la figure, et limitée par le contour E.C.(2).A.(1).B.D.E.

On a ainsi :

$$\Sigma - \Sigma' = \text{Surf.E.C.(2).A.(1).B.D.E.}$$

pourquoi, dans le tableau précédent, son départ d'avec l'énergie de réserve n'a pas été fait.

Toutefois, en apportant toute la rigueur possible dans le tracé des courbes, en évaluant à part l'énergie de réserve après avoir fait glisser la courbe (2) jusqu'au second point d'arrêt, et, en mettant à profit des considérations géométriques semblables à celles qui sont indiquées dans la note de la page 149, on peut arriver à une évaluation approximative.

Je citerai ici, en particulier, les résultats obtenus avec la planche qui figure dans ce travail et qui est relative à l'énergie de vitalité d'un jeune chat :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Énergie | totale...... | 5,790 | calories-gramme |
| — | active..... | 4,307 | — |
| — | de réserve. | 1,292 | — |
| — | nucléaire... | 0,191 | — |

Si l'on prend le rapport de l'énergie nucléaire à l'énergie totale, on trouve :

$$\frac{0.191}{5.790} = \frac{1}{30,32}$$

Ce nombre donne une idée de l'ordre de grandeur de l'énergie nucléaire. On peut, du reste, arriver à un résultat analogue par un procédé indirect.

On peut admettre, en principe, que la répartition de l'énergie de vitalité est proportionnelle à la masse de la matière vivante, ce qui permettra de calculer approximativement la part du noyau. La détermination de la masse de la matière nucléaire n'est point chose aisée; toutefois, en se reportant aux représentations données dans les traités d'histologie des diverses cellules observées dans les deux règnes, et en ne considérant que les cellules de formes peu compliquées et à protoplasme compacte, on voit que les dimensions transversales moyennes du noyau et de la cellule sont entre elles dans des rapports variant de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{5}$, avec une fréquence, peut-être, plus grande pour le rapport $\frac{1}{3,5}$ environ. Le rapport des volumes, d'après ce dernier nombre, serait de $\frac{1}{(3,5)^3} = \frac{1}{42,9}$. Admettons, en chiffres ronds, $\frac{1}{40}$; l'énergie

du noyau par gramme serait $\frac{1}{40}$ de l'énergie totale. Ce nombre ne s'écarte pas beaucoup du précédent.

Étant reconnu les difficultés expérimentales de toute nature et l'incertitude de beaucoup de données, il faut considérer ce rapprochement comme très satisfaisant et comme constituant une épreuve confirmative des déterminations calorimétriques précédentes.

Si l'on prend le nombre 6 comme valeur moyenne de l'énergie totale de vitalité chez les vertébrés à sang chaud, l'énergie nucléaire sera représentée sensiblement par $\frac{6}{40} = 0,15$.

### *Méthode du refroidissement*

#### *Animaux à sang froid.*

La méthode est la même que pour les animaux à sang chaud. On commence d'abord par maintenir l'animal dans une atmosphère chloroformée jusqu'à suppression des mouvements violents; il est alors plongé dans le calorimètre à glace qui renferme également du chloroforme; à l'engourdissement succède la mort véritable. La marche du refroidissement est étudiée de la même façon que précédemment; après quoi, on réchauffe le cadavre à quelques degrés au-dessus de la température initiale, et l'on étudie à nouveau la marche du refroidissement. On constate que les deux refroidissements ne sont pas identiques et l'on interprète les résultats comme pour le premier cas.

Le tableau suivant résume quelques-uns des résultats les plus nets; ils sont également rapportés à 1 gramme de matière.

| | Température initiale | Énergie totale | Énergie active | Énergie de réserve et nucléaire | 1er point d'arrêt | 2e point d'arrêt |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Grenouille (*Rana æsculenta*) (p = 71 gr.) | 20°,4 | 3,17 | 1,33 | 1,84 | 10° | 0°,6 |
| Tanche (*Tinca vulgaris*) (p = 170 gr.) | 16°,4 | 2,85 | 1,71 | 1,14 | 6°,5 | 0°,8 |
| Carpeau (*Cyprinus carpio*) (p = 115 gr.) | 12°,1 | 2,22 | 1,30 | 0,92 | 5° | |

Il est à remarquer que le nombre représentant l'énergie totale est ici environ la moitié de celui obtenu pour les animaux à sang chaud. A quoi faut-il attribuer cette différence? A mon avis, elle tient essentiellement à ce que chez les animaux à sang froid la proportion de matière réellement vivante est beaucoup moindre que chez les premiers; au contraire, l'eau et les substances interstitielles non vivantes offrent une masse beaucoup plus grande. La température ne se maintiendrait pas constante chez les animaux à sang chaud, si les centres de production de chaleur étaient disséminés dans une aussi grande quantité de matière inerte.

*Méthode thermoélectrique*

Cette méthode a surtout une valeur démonstrative; elle s'applique particulièrement aux animaux à sang froid et aux végétaux.

Il s'agit ici de précipiter l'œuvre de la mort pour rendre plus sensible l'effet thermique. On peut mettre en action un certain nombre de substances chimiques, qui ont la propriété d'entraver le mouvement vital sans produire d'altération sensible de la matière organique. On peut les comparer à un frein ou à un bâton jeté en travers les roues d'un véhicule et qui arrête son mouvement sans le détériorer pour cela. Ce sont certains poisons violents, usités depuis longtemps en histologie comme agents de fixation ou de conservation. Signalons particulièrement :

Le chloroforme,
L'acide cyanhydrique,
— chromique,
— picrique,
— osmique,
L'aldéhyde formique,
Le chlorure mercurique, etc.

On pourrait encore ranger dans cette catégorie les toxines, les venins. Toutes ces substances devront être employées à un grand degré de dilution pour éviter de noyer l'effet thermique à observer dans un dégagement de chaleur dû à des actions chimiques un peu trop accentuées. D'ailleurs, on agira toujours simultanément sur un tissu mort.

L'opération est conduite de la façon suivante. Les deux soudures d'un couple thermo-électrique plongent, l'une dans un verre renfermant un certain poids de tissu vivant coupé par petits morceaux, l'autre dans un second verre renfermant le même poids du même tissu également découpé, mais mort. Le circuit étant fermé sur un galvanomètre à réflexion muni d'un cadre de faible résistance, on verse dans les deux verres une même quantité de réactif. On voit immédiatement l'index lumineux se déplacer et indiquer une surélévation de température du côté du tissu vivant. Les réactions chimiques étant les mêmes des deux côtés, l'effet thermique n'est imputable qu'à la libération de l'énergie de vitalité.

Pour amplifier le résultat, j'ai employé un faisceau thermo-électrique formé de 10 couples thermoélectriques, les fils étant isolés à la soie, les soudures recouvertes de vernis et les couples réunis en tension.

L'effet thermique se produit toujours dans le sens indiqué. Le déplacement de l'index lumineux se fait progressivement et comme en plusieurs temps, ce qui indique qu'il y a encore ici émission successive d'énergies inégalement accessibles.

Avec les végétaux, le phénomène est beaucoup plus faible, mais toujours dans le même sens; toutefois, en opérant avec la levure de bière, qui se mêle très rapidement avec le réactif, l'effet est des plus nets.

*Méthode calorimétrique*

Je me suis servi du dispositif suivant : un large tube à essai est fixé par un bouchon au goulot d'un flacon de verre contenant du duvet de cygne non tassé; c'est la mouffle du calorimètre. Le tissu vivant, découpé avec des ciseaux en petits fragments, est introduit dans la mouffle avec le thermomètre et une certaine quantité de liquide actif, comme dans la méthode précédente. On a vérifié auparavant que tous les objets sur lesquels on opère sont exactement à la même température; autrement, il y a des corrections à effectuer. On agite de temps en temps avec le thermomètre et on note la variation de température.

La quantité de chaleur produite est donnée par la relation :

$$Q = (pc + mc_1 + k + lc_2 + l'c_3)\ (\theta - t)$$

dans laquelle on a :

$Q$ chaleur dégagée, en calories-gramme,
$p$ poids du tissu en grammes,
$c$ sa chaleur spécifique,
$m$ poids de la liqueur active,
$c_1$ sa chaleur spécifique,
$k$ capacité calorifique du réservoir du thermomètre,
$l$ longueur immergée de la tige du thermomètre,
$c_2$ sa capacité calorifique par centimètre de longueur,
$l'$ longueur mouillée du tube de verre,
$c_3$ sa capacité calorifique par centimètre de longueur,
$t$ température primitive,
$\theta$ température finale.

La correction relative au refroidissement peut être négligée, étant donné les faibles écarts de température et la construction de l'appareil.

La même opération est recommencée sur un poids égal du même tissu mort, et l'on défalque du premier résultat le second dégagement de chaleur qui, dans tous les cas, doit être très faible. En divisant l'excédent par le poids $p$ de tissu mis en expérience, on a la chaleur de vitalité, rapportée à 1 gramme de matière vivante :

$$q = \frac{Q}{p}.$$

Cette méthode n'est pas sans présenter de réelles difficultés, le réactif ne pénétrant que lentement dans la masse vivante et n'opérant que progressivement; il faut, d'autre part, renoncer à l'emploi d'agents chimiques concentrés, parce que la chaleur provenant de réactions purement chimiques devient rapidement trop considérable et vient masquer l'effet physiologique. Pour ces diverses raisons, les déterminations obtenues ne sauraient être d'une grande précision.

D'ailleurs, comme pour la méthode thermo-électrique, cette méthode n'est applicable qu'aux organismes à sang froid et aux végétaux. Le tableau suivant résume un certain nombre de déterminations.

| | |
|---|---|
| Escargot (*Helix adspersa*) | 1,1 |
| Huître (*Ostrea edulis*) | 0,9 |
| Ver de terre (*Lumbricus agricola*) | 1,4 |

| | |
|---|---|
| Blatte (*Blatta orientalis*) adulte ........... | 1,3 |
| — — jeune ............ | 0,9 |
| Larve de mouche à viande (*Calliphora vomitoria*) .................................. | 0,7 |
| Levure de bière comprimée.................... | 0,5 |
| Feuilles de végétaux......................... | 0,2 |

Nous retrouvons ici une diminution encore plus grande de la chaleur de vitalité. Mais il faut se rappeler qu'à mesure que l'on descend dans l'échelle zoologique la proportion de matière réellement vivante va constamment en diminuant, et la proportion d'eau en augmentant. Chez les végétaux, il faut tenir compte, en outre, de la masse considérable de substances cellulosiques inertes.

*Comparaison de l'être vivant avec la machine à vapeur*

Les nombres trouvés pour l'évaluation des trois groupes d'énergies peuvent paraître faibles, si on les compare aux chaleurs latentes de transformation. Toutefois, il faut bien reconnaître que dans les transformations d'état physique, solidification ou condensation de vapeurs, la masse tout entière entre en jeu. Il en est tout autrement pour la vie; la portion de matière réellement vivante est toujours fort restreinte; le reste ne joue qu'un rôle accessoire, de support.

Il faut d'abord signaler l'eau, qui constitue une partie considérable de la masse de l'être vivant. Elle y existe à deux états : 1° à l'état de liquide d'imbibition, telle est l'eau du sang, de la lymphe, de la sève, du suc cellulaire; 2° à l'état de combinaison plus ou moins intime. La dessiccation à l'étuve fait disparaître seulement l'eau au premier état; malgré cela, la perte de poids est toujours considérable. Les tissus mous ne perdent pas moins des trois quarts de leur poids. Chez les êtres aquatiques, la perte peut aller bien audelà; le poids de la matière sèche ne représente plus que quelques centièmes de poids primitif.

Mais il ne faut pas croire que le résidu de la dessiccation représente la masse réellement vivante. Il y a lieu encore d'en défalquer toutes les substances minérales, organiques ou même organisées, qui incontestatblement, ne vivent pas, comme les parois cellulaires, les produits chimiques intra et

extra-cellulaires, les substances nutritives en réserve, etc. Il est fort difficile d'évaluer leur proportion; mais elle est certainement supérieure à la moitié du poids du résidu desséché.

En définitive, j'estime qu'en évaluant à $\frac{1}{10}$ du poids total le poids réel de la matière protoplasmique vivante on fait certainement une estimation par excès. Si nous adoptons ce nombre par première approximation, c'est à lui qu'il faudra reporter en réalité la chaleur de vitalité, ce qui revient à multiplier par 10 les nombres précédents, et l'on voit alors que ces évaluations rentrent dans l'ordre des chaleurs de transformations physiques [1].

Du reste, cette faible proportion de la masse motrice, par rapport à la masse totale de l'organisme, n'est point spéciale à l'être vivant. Nous retrouvons ce même caractère dans nos machines industrielles. Je prendrai comme terme de comparaison une locomotive en fonctionnement normal [2].

Une locomotive en service, type du Creusot à deux essieux accouplés, pèse environ 32,400 kgr., le tender avec sa charge pèse 20.000 kgr., donc pour l'organisme complet, avec ses réserves nutritives, 52.400 kgr. Le volume de chaque cylindre est de 99 litres, le poids de l'eau dans la chaudière

[1] Prenons en particulier le nombre 6, trouvé chez les animaux à sang chaud comme expression de la chaleur totale de vitalité; en le multipliant par 10 nous obtenons 60, nombre qu'il est intéressant de mettre en parallèle avec ceux représentant la chaleur de fusion de substances diverses.

CHALEUR DE FUSION DE QUELQUES SUBSTANCES

| | | | |
|---|---|---|---|
| Aluminium | 80 | Eau | 79,7 |
| Argent | 20 | Acide sulfurique | 26 |
| Brome | 16 | Acide acétique | 45,8 |
| Étain | 14,6 | Benzine | 30 |
| Fer | 59 | Acide formique | 53 |
| Iode | 11,7 | Glycérine | 42,3 |
| Mercure | 2,77 | Phénol | 24,9 |
| Phosphore | 4,7 | Acide stéarique | 48 |
| Soufre | 10,4 | Glycol | 43 |

Dans le passage du liquide au solide, il y a perte de mobilité; le corps devient rigide. Dans le passage de la vie à la mort, il y a perte d'automobilisme; le corps devient inerte. Dans les deux cas, il y a libération de chaleur qui était indispensable à l'équilibre précédent; et ces deux chaleurs ont des valeurs de même ordre.

[2] D'après des renseignements fournis par la Compagnie d'Orléans.

3.600 kgr., la pression de la vapeur 8 kgr. Le poids de la vapeur qui remplit le cylindre sous cette pression, en supposant la marche à pleine vapeur et sans détente, est d'environ 440 grammes. Ce poids correspond à l'*énergie active*, qui engendre à chaque instant le mouvement et qui est constamment renouvelée, car, lorsqu'un cylindre se vide, l'autre se remplit.

Supposons maintenant qu'on ouvre subitement et largement les soupapes de sûreté et autres issues de la chaudière : instantanément la vapeur s'échappera et le reste de l'eau liquide tombera à 100°. Il est facile de calculer que, sur les 3.600 kgr. d'eau, il se vaporisera environ 516 kgr.. Ce dernier poids correspond à l'*énergie de réserve*, qui engendre à chaque instant l'*énergie active*. Comme dans l'organisme vivant, cette énergie est empruntée à la combustion.

Pour compléter l'analogie, il nous faudrait ajouter la masse servant de support à l'*énergie nucléaire*.

Évidemment, rien dans la machine elle-même ne correspond à cette quantité; toutefois, nous pouvons considérer la masse du mécanicien comme comblant cette lacune. Le poids moyen de l'homme étant de 65 kgr., la répartition de l'énergie se fera finalement sur les masses suivantes :

| | |
|---|---|
| énergie active .................... | 0k.,440 |
| — de réserve .............. | 516 |
| — nucléaire ................. | 65 |
| — totale.................... | 581, 440. |

Comme la masse totale de l'organisme est de 52.400 kgr., on aura pour le rapport de chaque masse à la masse totale :

énergie active ................ $\frac{0.440}{52.400} = 0.00084$

énergie de réserve............ $\frac{516}{52.400} = 0.00980$

énergie nucléaire ............ $\frac{65}{52.400} = 0.00124$

énergie totale.................. $\frac{581,44}{52.400} = 0.01106$

On voit par ces nombres que le rapport de la masse motrice à la masse totale dépasse à peine $\frac{1}{100}$. Comme, d'autre part

la machine vivante n'est certainement point inférieure aux meilleurs moteurs industriels, il est certain que, quand nous avons évalué à $\frac{1}{10}$ le rapport de la masse vivante à la masse totale, nous étions de beaucoup au-dessus de la vérité. La fraction réellement vivante et active doit être très faible.

Poursuivons la comparaison des deux moteurs. Une locomotive (tender compris) de train de voyageurs, marchant à 70 kilomètres à l'heure et en plaine, traîne en moyenne 3 fois son propre poids. Il est intéressant de rapprocher ce résultat de ceux obtenus dans des expériences sur des chevaux d'omnibus de Paris : ils traînent en moyenne de 3 à 4 fois leur propre poids [1].

Les machines des trains de marchandises, chez lesquelles la vitesse est sacrifiée au profit de la masse mise en mouvement, remorquent environ 6 fois leur propre poids et, dans des conditions d'effort maximum, jusqu'à 13 fois leur poids. On a constaté des résultats du même ordre pour des masses traînées péniblement par les animaux, notamment chez les insectes.

Nous venons de comparer ici la masse motrice en bloc à la masse totale. En réalité, dans la machine à vapeur, il n'y a, à chaque instant, à entrer en jeu que la masse de vapeur qui pousse le piston; le reste de la masse motrice est simplement en réserve. En d'autres termes, c'est seulement, dans l'exemple considéré, le poids 0 k. 440 de vapeur contenu dans le cylindre ou dans l'ensemble des deux cylindres qui, à chaque instant, met la masse tout entière en mouvement. La masse active est à la masse totale dans le rapport $\frac{0.44}{52.400} = \frac{1}{119.180}$ La masse active est donc inférieure à $\frac{1}{100.000}$ de la masse totale. Pour simplifier, admettons ce rapport $\frac{1}{100.000}$. Cela revient à dire que 1 kgr. de vapeur met en mouvement 100.000 kgr., lorsque la locomotive et le tender sont seuls en jeu. Dans un train normal, ce seront, suivant les conditions de marche 300.000, 500.000, 1.300.000 kgr. qui seront réellement traînés par 1 kgr. de vapeur.

[1] Lavalard. *Le Cheval*, t. I, p. 224. — 1888, Firmin Didot.

Mais il faut bien remarquer que, dans tout ce qui précède, nous avons supposé le moteur marchant à pleine vapeur. Dans la pratique, cela n'a lieu qu'au démarrage; ensuite on fait intervenir la détente qui, suivant les circonstances, est réglée à $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, etc. Ce ne sera plus 1 kilogramme de vapeur qui traînera les poids en question, mais seulement $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, etc., de kgr.; ou, ce qui revient au même, par kilogramme de vapeur, les poids traînés seront 2, 3, 4, 5, etc., fois les nombres précédents. On reste véritablement étonné devant la disproportion de la masse motrice et de la masse inerte qu'elle met en mouvement.

Cette disproportion existe certainement aussi dans l'organisme vivant : la fraction usée d'un muscle pour la production d'un mouvement quelconque est toujours extrêmement faible; autrement, un travail continu deviendrait impossible. On peut dire aussi que le muscle travaille avec détente en ce sens qu'il ne se contracte que très rarement jusqu'à son maximum, jusqu'à la tension tétanique dont il est capable.

Pour qu'une masse égale à 1 kilogramme puisse communiquer une vitesse notable à une masse représentée par 1, 2, 3, 4, 5, etc. fois 100 tonnes, 300 tonnes, 600 tonnes, 1.300 tonnes, il faut, de toute nécessité, que les molécules qui la composent possèdent une vitesse vibratoire très considérable, d'autant plus que dans cette transmission de mouvement une partie seulement de leur force vive est communiquée à la masse à mouvoir, conformément au principe de Carnot. Une pareille vitesse initiale, qui n'est autre que le mouvement calorifique, nécessite une température initiale élevée ; et l'on sait, du reste, qu'il y a tout avantage, au point de vue de la puissance motrice, à élever le plus haut possible la température et par suite la pression des générateurs à vapeur.

Or, dans l'organisme vivant, rien de semblable n'existe, le mouvement se produit à froid; il n'y a pas de hautes températures, point d'alternance de chaud et de froid, comme dans les moteurs à feu. Cette dissemblance est flagrante et irréductible : le mécanisme moteur des êtres vivants est tout autre que celui des machines thermiques. Il est impossible de l'attribuer à la matière pondérable seule, car celle-ci ne peut

produire du mouvement que par l'intervention de la chaleur. Si la matière pondérable ne suffit pas, il faut donc de toute nécessité faire appel à l'ultramatière.

Nous sommes ainsi conduits à reconnaître la légitimité de l'interprétation donnée au commencement du chapitre IX (Les hypothèses relatives à la vie), à savoir que : l'intervention de l'ultramatière est tout indiquée pour l'explication de la vie.

### *Signification vraisemblable du règne végétal*

Les végétaux, comme nous l'avons vu, ne possèdent qu'une faible énergie de vitalité, ne dépassant pas la moitié de celle des animaux invertébrés. On doit attribuer ce fait à ce que la proportion de matière vivante est encore plus faible chez eux que chez ces animaux. Il est vraisemblable que les particules vivantes élémentaires possèdent partout une énergie latente sensiblement constante, aussi bien chez les animaux que chez les végétaux; mais, chez les animaux inférieurs et surtout chez les végétaux, ces particules sont noyées dans une masse considérable de substances interstitielles inertes, qui masque leurs propriétés.

Cet alourdissement si notable du dynamisme vital par un poids mort chez les végétaux peut conduire à cette appréciation que *les végétaux sont des animaux dégradés.*

Il y a, en effet, chez eux un affaiblissement considérable des caractères distinctifs des êtres vivants et particulièrement de la personnalité, dont les manifestations principales sont la sensibilité et le mouvement. Ils portent, d'autre part, des stigmates non équivoques de décadence caractérisant le parasitisme.

Cette dernière thèse peut, au premier abord, paraître paradoxale, puisque le plus grand nombre des végétaux possède une vie indépendante. Mais établissons des comparaisons : comme la Lernée, qui vit fixée sur le flanc des poissons, comme la Sacculine, comme les vers parasitaires, ils trouvent leur nourriture abondamment répandue autour d'eux; ils n'ont plus qu'à l'absorber, qu'à la digérer; par les racines ils aspirent les sucs de la terre, par les feuilles les éléments aériens, et la lumière vient leur prodiguer l'énergie

nécessaire à la digestion de ces diverses substances. Ils n'ont plus besoin de se mouvoir pour la recherche de leur subsistance, plus besoin d'appareils sensoriels pour explorer l'espace autour d'eux; ils ne sont plus guère qu'un appareil de digestion et de reproduction. Le *summum* de la dégradation est, du reste, atteint chez les végétaux réellement parasites sur d'autres êtres vivants, les champignons, les Cuscutes, les Orobanches, les Cytinées, réduits absolument à un axe de succion et à des fleurs ou des sporanges.

Comme la Lernée et la Sacculine, ils subissent à partir de leur naissance une régression dégradante. La Lernée apparaît d'abord sous l'aspect d'un petit crustacé très agile; la larve se fixe alors sur un animal aquatique, ses organes locomoteurs et sensoriels s'atrophient, l'animal devient méconnaissable : ce n'est plus qu'une trompe de succion et un sac à œufs. La Sacculine passe par des phases analogues.

Nous voyons la même transformation dans les zoospores des algues, pourvues de mouvement volontaire et de sensibilité, se fixant à un moment donné pour devenir immobiles et pousser leurs organes de succion minérale. Les anthérozoïdes des cryptogames offrent momentanément aussi des manifestations de la personnalité animale, mais bientôt l'immobilité fait place au mouvement et la personnalité s'obscurcit.

Ce sont également ce même affaiblissement de la mobilité et la fixation au sol sous-marin qui ont fait donner à divers représentants des embranchements inférieurs du règne animal le qualificatif général de zoophytes (animaux-plantes), parce qu'on croyait autrefois qu'ils étaient, en quelque sorte, des termes de passage entre les deux règnes.

Cependant, de distance en distance, on voit réapparaître dans le règne des plantes des signes non équivoques de sensibilité et de mouvement dirigés vers une finalité voulue, et Claude Bernard a démontré que les phénomènes fondamentaux de la vie sont les mêmes dans les deux règnes, avec une différence considérable d'intensité toutefois.

On conçoit dans ces conditions que le bilan d'énergie vitale des végétaux soit très faible, bien plus faible que chez les animaux, puisqu'ils n'ont point à faire face à des exigences multiples auxquelles ceux-ci sont assujettis, et que, d'autre part, leur masse est constituée surtout par une accumulation de matériaux non vivants, au milieu desquels

le protoplasme véritable n'occupe qu'un très petit volume.

On pourrait comparer leur cas à celui d'un État qui aurait été jadis florissant et serait ensuite tombé en décadence : son budget aurait fatalement suivi la même marche descendante. Ne dit-on pas, du reste, dans le langage courant qu'un individu, qu'une entreprise végète, lorsque l'un ou l'autre ne vit que tout juste et ne parvient pas à conquérir une place honorable dans la Société? Pour beaucoup de personnes, un végétal est chose à peine vivante, et tel, qui hésiterait à faire souffrir un animal, n'aura aucun scrupule à couper, trancher dans une plante et à s'en nourrir.

Il est vraisemblable qu'à l'origine tous les organismes primitifs étaient tous plus ou moins capables d'assimiler les substances minérales non encore organisées, alors même qu'ils n'étaient pas pourvus de chlorophylle. M. Winogradsky a signalé la découverte d'un microbe nitrificateur qui, placé à l'obscurité dans une solution nutritive *totalement privée de matière organique*, a néanmoins augmenté de poids en accomplissant la synthèse de sa propre substance [1]. Il devait en être de même pour tous les proto-organismes.

Mais bientôt un perfectionnement est apparu, c'est la création d'un pigment chlorophyllien, qui favorise dans une proportion considérable l'utilisation de l'énergie lumineuse du soleil. Beaucoup d'êtres se revêtiront de ce pigment qui n'est point, du reste, spécial aux végétaux et que l'on retrouve, en effet, chez un grand nombre d'animaux inférieurs et même chez des métazoaires, les orthoptères, par exemple, et particulièrement chez les Phyllies, qui simulent l'aspect de feuilles vertes; et chez tous les êtres elle sert au même but, digestion, sous l'action de la lumière, de l'acide carbonique de l'air. Il est probable qu'il en est de même chez les Batraciens et les Reptiles colorés en vert; du reste, la chlorophylle a été rapprochée comme composition de la matière rouge du sang.

Sous le coup d'une évolution plus accentuée, certains des premiers êtres chlorophylliens ont aiguillé dans le sens végétatif; la fonction chlorophyllienne est devenue prépondérante et la personnalité s'est affaiblie. Les autres êtres, au contraire, trouvant plus commode de dévorer les végétaux ou de se dévorer entre eux, ont définitivement conservé le caractère

[1] Aubert, *Histoire naturelle des êtres vivants*, 1894, t. I, p. 495.

animal; comme il leur fallait rechercher eux-mêmes leur pâture, l'exercice des fonctions de relation devenait une nécessité de premier ordre, et motricité et sensibilité ont été, à l'encontre des premiers, en s'exaltant de plus en plus.

### *Diverses formes de restitution de l'énergie de vitalité*

Dans la restitution de l'énergie de vitalité, la chaleur est certainement la forme dominante et dernière; il en est de même, du reste, dans toutes les autres manifestations des forces naturelles; mais elle n'est pas toujours seule au début.

Il y a d'abord la forme « *mouvement* ». Dans l'agonie, qui n'est que le commencement de la mort, il se produit des mouvements plus ou moins désordonnés; ces mouvements peuvent encore se manifester dans certains cas de décès rapide, par le choléra ou la fièvre typhoïde, par exemple, bien après le commencement de la mort irrémédiable, de la mort légale. Après la décapitation de suppliciés ou d'animaux d'expérience, des mouvements peuvent se produire spontanément pendant fort longtemps, ou peuvent être provoqués par l'action galvanique; ils s'éteignent en même temps que le mouvement vital élémentaire.

La forme « *électricité* » se rencontre également et mérite dès maintenant une mention spéciale. On la retrouve plus ou moins nettement caractérisée dans toutes les manifestations vitales; mais c'est surtout chez les poissons électriques qu'elle se montre avec une netteté merveilleuse.

On sait que, chez ces animaux, l'électricité prend naissance dans de nombreux petits prismes divisés par un grand nombre de cloisons transversales en alvéoles empilées les unes sur les autres; chaque alvéole renferme une substance gélatineuse et une lame électrique. Un rameau d'un nerf spécial vient s'épanouir sur une des faces de la lame, et c'est toujours la même face dans toutes les alvéoles; c'est là que se fait la séparation des fluides au moment où le nerf agit Le point extrêmement important pour nous, qui a été mis en lumière par les physiciens et les physiologistes, est le suivant :

La *face nerveuse* de la lame électrique est *toujours électro-négative*, l'autre face étant électro-positive.

Or, au moment de l'excitation, la face nerveuse devient nécessairement le siège de destruction d'éléments vivants; car, comme nous le verrons ailleurs, toute manifestation vitale est corrélative de l'action destructive de la mort.

En généralisant la proposition, nous sommes amenés à conclure que la mort d'un tissu doit être accompagnée d'une production d'électricité dans laquelle ce tissu serait négatif.

J'ai soumis cette présomption au contrôle de l'expérience, qui l'a confirmée en tout point. Voici, du reste, la méthode mise en jeu :

1° Un tissu vivant ou un être vivant de petite taille est traité partiellement par des agents de destruction (action mécanique, fer rouge, eau bouillante, agents chimiques, poisons, etc.); deux fils de platine ont été immergés, l'un dans la région conservée intacte, l'autre dans celle qui est soumise à ces agents, le circuit est fermé par un galvanomètre à réflexion muni d'un cadre de grande résistance. Voici le résultat :

*De quelle que façon qu'on provoque la mort, on constate qu'un tissu qui meurt est toujours négatif vis-à-vis de celui qui survit.*

2° Le tissu vivant ou l'être vivant est en entier soumis à l'action destructive; il repose sur une plaque de tissu mort porté lui-même par une lame de platine; le circuit étant fermé de la même façon et l'opération conduite comme précédemment, on trouve que :

*Un tissu qui meurt est également négatif par rapport à un corps conducteur sur lequel il repose.*

La loi se vérifie également avec les végétaux, mais le courant engendré est toujours beaucoup plus faible.

J'ajouterai qu'aucun effet semblable ne se produit avec un tissu mort, et qu'avec le tissu vivant le courant est temporaire et s'éteint avec la vie elle-même; il ne saurait y avoir de doute à cet égard.

Comme expérience démonstrative, je signalerai le dispositif suivant : les deux fils de platine sont enfoncés aux deux bouts d'un organe allongé, un muscle, par exemple, ou un animal tout entier. Une moitié des corps en question est engagée au-dessous d'une presse qui peut s'abattre subitement et avec violence et réduire cette extrémité en bouillie. L'index lumineux du galvanomètre étant au zéro, on provoque l'écrasement de cette moitié : à l'instant même l'index

lumineux est lancé *avec force* dans le sens prévu; une sorte de décharge brusque traverse le galvanomètre.

Nous avons là incontestablement la véritable explication de la décharge de l'organe électrique élémentaire de la torpille : la production d'électricité dans l'organe électrique des poissons est incontestablement subordonnée à la destruction, à la mort d'éléments vitaux provoquée par l'influx nerveux. Nous retrouvons encore ici le caractère explosif de l'équilibre endothermique du mouvement vital : l'explosion revêt dans ce cas un caractère électrique.

En résumé, nous voyons que la restitution de l'énergie de vitalité peut affecter les trois formes : *chaleur*, *mouvement*, *électricité*. En dernière analyse, la chaleur, absorbant les deux autres, reste seule.

### *Emmagasinement de l'énergie de vitalité*

La réciproque de ce que nous venons d'établir est également vraie. Si la vie, en se détruisant, libère de l'énergie, inversement la procréation de la vie a dû être accompagnée d'un emprunt d'énergie. Nous reviendrons ultérieurement sur ce sujet.

De la même façon, toute extension de la vie est corrélative d'une absorption de force vive empruntée aux agents physiques. Signalons quelques exemples typiques :

1° Les végétaux s'accroissent en absorbant les radiations solaires, principalement les radiations calorifiques.

2° Si l'on prend la chaleur spécifique d'un œuf de poule fécondé en le plongeant froid dans un calorimètre contenant de l'eau tiède, on lui trouve une chaleur spécifique plus grande que pour un œuf non fécondé; ce surcroît de capacité calorifique s'explique par l'énergie absorbée par le développement du germe. C'est pour la même raison que les oiseaux couvent leurs œufs et que la région ventrale de leur corps devient alors le siège d'une calorification intense. La chaleur nécessaire à la germination des graines est, suivant toute vraisemblance, en partie absorbée par l'embryon.

3° On sait que les jeunes animaux, les jeunes enfants mangent plus, relativement à leur poids, que les adultes, surtout dans les périodes de croissance active.

A la vérité, une partie de l'énergie absorbée est employée à des travaux d'ordre chimique, comme la décomposition de l'acide carbonique chez les végétaux et la création de substances organiques diverses dans les deux règnes, ou à des travaux mécaniques tels que l'édification des divers appareils de l'organisme. Mais une partie aussi est incontestablement employée à doter chaque cellule nouvelle d'un fonds d'énergie vitale, qui lui est indispensable pour remplir le rôle qui lui est dévolu.

4° Enfin, la vie active est un balancement incessant entre la mort et la rénovation. Si, d'une part, elle libère constamment de l'énergie sous forme variée par la mort partielle, elle fait, d'autre part, un emprunt continuel aux sources de forces vives du monde extérieur pour subvenir aux dépenses et maintenir l'équilibre.

---

## CHAPITRE XI

(*Anciennement Ch. V*)

### Les analogies de mouvements

Il s'agit maintenant d'établir la nature et les caractères du mouvement vital.

A priori, nous pouvons affirmer que, puisque ce mouvement ne se propage pas à l'extérieur à la manière de la lumière ou du son, les particules mobiles doivent parcourir des courbes fermées et conserver des vitesses uniformes ou périodiques.

Mais il nous sera facile de pénétrer plus avant à l'aide des comparaisons que nous allons établir entre les manifestations du mouvement vital et celles de certains mouvements, dont la nature intime est déjà connue. Pour cela, il nous faut commencer par définir nettement les caractères essentiels de la vie. Ces caractères doivent être communs à tous les êtres vivants, sans aucune exception, et permettre de les distinguer de la matière inanimée. Comme tout être animé est formé de cellules, que la cellule est l'élément vivant par excellence, ils doivent, en conséquence, être les caractères primitifs et fondamentaux de la vie cellulaire.

Ces caractères sont au nombre de cinq :

*La personnalité, la segmentation, le fusionnement, le pouvoir chimique et la mort.*

1° *La personnalité* consiste d'abord dans ce fait que tout être vivant est une unité distincte du milieu qui l'entoure; cette unité oppose une résistance aux forces extérieures qui tendent à la détruire; c'est cette résistance à la mort que Bichat prenait comme définition de la vie.

Cette résistance se traduit par ce fait que l'individu,

après avoir ressenti la pression des agents extérieurs, réagit ensuite en vue de sa conservation : sensibilité et mouvement de résistance en sont la conséquence.

Ces caractères, très développés chez les animaux, existent également chez les végétaux, quoique très atténués, en raison de la faiblesse de leur énergie vitale; mais il n'y a là qu'une affaire de degré.

Chaque individu n'est jamais absolument identique avec son voisin, alors même qu'il est de la même espèce; chaque unité est aussi bien distincte des autres que du milieu; elle suit une évolution propre et individuelle.

En second lieu, et c'est ici un des arguments les plus probants pour l'explication de la vie par le mouvement, cette unité se conserve avec ses caractères, malgré le changement incessant des matériaux chimiques qui composent sa masse. « *La matière change, mais la forme demeure* ».

La personnalité atteint son plus complet développement chez l'homme : la conservation des caractères individuels tant physiques qu'intellectuels, la mémoire, la conscience, la responsabilité, sont ses manifestations supérieures.

2° *La segmentation* est une propriété fondamentale de la cellule; lorsqu'elle a pris un certain développement, elle se divise en deux moitiés semblables jouissant exactement des mêmes caractères.

La division cellulaire est la base du mécanisme de l'accroissement de l'être vivant; cette division peut être répétée un nombre immense de fois; ainsi l'organisme humain, parti de la cellule unique de l'œuf, doit renfermer, sous la forme adulte, plus de 100 trillions de cellules.

La division cellulaire sert à la reproduction chez les êtres très inférieurs, animaux ou végétaux, réduits à une seule utricule; chaque cellule séparée devient un individu nouveau.

La reproduction par segmentation s'observe encore chez les êtres plus élevés; tel est le cas de la parthénogénèse de divers insectes, du bourgeonnement des cœlentérés, de la segmentation de certaines annélides. Elle est plus ou moins pratiquée chez les végétaux par l'apparition des spores, des propagules, des bulbilles, par le marcottage et le bouturage naturels ou artificiels.

3° *Le fusionnement* semble être la réciproque de la division cellulaire. En principe, deux cellules de même nature peuvent se fusionner partiellement ou complètement, temporairement ou d'une façon définitive.

Chez les animaux et végétaux les plus inférieurs, amibes et myxomycètes, nous voyons ce fusionnement s'opérer avec la plus grande aisance, grâce à l'absence ou à la résorption de la membrane cellulaire; il se forme alors une sorte de gelée presque homogène ou une plasmodie diffluente.

Chez certains protozoaires, infusoires, noctiluques, etc., la soudure de deux individus unicellulaires est temporaire et, après avoir échangé une portion de leurs noyaux, ils se séparent avec un regain de vitalité.

Plus haut dans l'échelle des êtres, le fusionnement devient complet et définitif et donne naissance à une cellule plus active, qui tend à vivre d'une vie indépendante; c'est l'œuf destiné à former un nouvel individu. Le fusionnement de deux cellules semblables s'appelle la conjugaison.

Mais bientôt l'évolution croissante va rendre dissemblables les deux cellules destinées au fusionnement; c'est le fait de la division du travail, et la sexualité apparaît. Le résultat, du reste, est le même : formation du germe d'un nouvel individu.

Ce mode de reproduction tend à supplanter plus ou moins complètement le premier, provenant de la division cellulaire, ou bien très fréquemment il alterne avec lui.

On peut, dans une certaine mesure, rapprocher du fusionnement cellulaire la propriété des tissus de même nature de se souder aisément. C'est le principe des greffes animales et végétales.

4° *Le pouvoir chimique* est cette propriété que possède la vie d'engendrer toute une série de corps organiques; et même, pendant longtemps, on a cru qu'elle était indispensable à leur synthèse.

A la vérité, par des procédés ingénieux, on est parvenu à obtenir artificiellement bon nombre de ces corps; mais ces méthodes, toujours compliquées et spéciales pour chacun d'eux, sont bien loin de la merveilleuse simplicité et de la fécondité prodigieuse de la chimie cellulaire, dont nous voyons constamment des exemples dans la faculté qu'ont les végétaux

d'organiser la matière minérale. Les animaux trouvent cette tâche tout accomplie; mais les transformations multiples, qu'ils font subir à la matière nutritive provenant des végétaux, montrent que le pouvoir chimique n'est pas moindre chez eux.

D'autre part, la substance minérale elle-même se pétrit également dans les tissus vivants d'une étonnante façon; témoins ces admirables cristallisations de silice des radiolaires, des éponges siliceuses, ces formes si variées du test siliceux des diatomées ou calcaire des foraminifères, les coquilles des mollusques, les squelettes des polypes coralliaires, des échinodermes, des vertébrés.

5° *La mort* est la cessation du mouvement vital. Elle est toujours accompagnée d'une restitution de chaleur, qui en représente la force vive interne. Cette restitution peut revêtir également les formes mouvement et électricité.

La mort est provoquée soit par l'action destructive du milieu, accidents violents, maladies, infections microbiennes, etc., soit par l'usure générale et progressive de l'organisme. Cette dernière cause n'est pas sans analogie avec le sort final de nos machines industrielles.

Nous avons maintenant à rechercher dans le monde physique les modalités de mouvement, dont les caractères offrent quelque ressemblance avec ceux que nous venons de définir.

*Analogie avec les mouvements tourbillonnaires*

La première analogie, qui a été signalée par Cuvier, est la forme tourbillonnaire[1]. Les tourbillons ou remous, qui prennent naissance dans nos cours d'eau ou dans l'atmosphère, sont connus de tout le monde. Ces derniers, suivant leur importance, s'appellent trombes, cyclones, tornades, typhons, tempêtes. Nous allons voir qu'effectivement ce mode de mouvement possède des caractères parallèles à ceux de la vie.

[1] Ed. Perrier. *Les Colonies animales*, 1881, p. 45.

1° Chaque tourbillon a une sorte de personnalité nettement définie; quoique formé de la même matière fluide que le milieu, il n'en constitue pas moins une unité distincte. Ainsi, un tourbillon atmosphérique naît dans tel endroit, il parcourt telle trajectoire et disparaît dans tel autre endroit. Pendant toute sa durée il a conservé des caractères individuels, comme intensité, grandeur de développement, vitesse de translation, etc. Chacun a son histoire distincte dans les annales de la météorologie.

Ce qui a surtout frappé l'attention des physiologistes, c'est la permanence de la forme et des caractères, au milieu du changement incessant de la matière formant le corps du tourbillon : ici encore la matière change, mais la forme demeure.

Remarquons, en outre, que la force vive, qui anime le mouvement gyratoire, lui permet de réagir contre les résistances qu'il peut rencontrer sur son passage. S'agit-il, par exemple, du relief d'une chaîne de montagnes, il glissse le long de cet obstacle, il le contourne jusqu'à ce qu'il ait trouvé une trouée, une issue, qui lui permettra de passer outre. Comparez cette allure avec celle d'un infusoire vu dans le champ du microscope; arrêté par un obstacle en rapport avec sa taille, il se comportera exactement de la même façon. Il y a évidemment là quelque chose qui rappelle la sensibilité et le mouvement réflexe des animaux, en un mot, la personnalité.

2° La segmentation est une propriété bien connue des mouvements tourbillonnaires. On a des exemples surabondants de division des remous de rivières, des trombes. Les grandes gyrations atmosphériques se segmentent aussi fréquemment. Le cône tournant se déforme momentanément et présente en section les diverses formes d'une lemniscate, pour aboutir au dédoublement [1].

3° Le fusionnement de deux remous, de deux tourbillons, de deux trombes ou gyrations atmosphériques est également un fait d'observation; il a lieu par un mécanisme inverse du précédent.

[1] La lemniscate, $y^4 + 2(x^2 + c^2) y^2 + (x^2 - c^2)^2 = a^4$, se présente, on le sait, suivant les valeurs relatives de $a$ et de $c$, sous la forme d'une sorte d'ovale déprimé aux extrémités du petit axe, d'une courbe en $\infty$, ou de deux boucles séparées.

4° Tout mouvement tourbillonnaire a une durée limitée; il s'éteint, meurt, en restituant son énergie interne. Ou bien la dissipation de cette énergie se fait progressivement sous forme de chaleur absorbée par le milieu; ou bien le mouvement tournant, entravé par des obstacles résistants, s'acharne sur eux, en s'usant lui-même : des forêts, des villes entières peuvent être saccagées; affaibli par ce grand effort, il ne tarde pas à disparaître. Le creusement des gouffres dans les rivières a une origine semblable.

Enfin, il faut rappeler que les trombes sont généralement le siège de phénomènes électriques intenses. L'électricité est-elle engendrée par le tourbillon, ou bien, préexistante, est-elle simplement entraînée par lui? C'est ce qu'il est difficile de décider; en tous les cas, il est intéressant de la rencontrer ici.

Ainsi chaleur, mouvement, électricité, sont les manifestations de la transformation de la force vive du tourbillon, de son acheminement à l'anéantissement, tout comme pour la vie.

5° Le pouvoir chimique ne semble pas avoir été signalé dans les gyrations des fluides, eau ou air. Toutefois, il est bon de faire remarquer que ces mouvements violents, qui entraînent parfois des masses considérables de matière dans un brassement désordonné, sont bien capables, dans certains cas, de réveiller l'activité chimique. La trituration, l'agitation, le choc sont des moyens constamment mis en jeu dans les laboratoires de chimie.

Si nous songeons que le mouvement vital a vraisemblablement pour substratum l'ultramatière, dont le pouvoir chimique nous est révélé par les facultés d'analyse et de synthèse de l'électricité, nous n'aurons pas de peine à nous convaincre qu'un mouvement tourbillonnaire de l'ultramatière sera immédiatement suivi d'un entraînement de la matière pondérable dans des combinaisons très compliquées.

Pour résumer ce parallèle, il faut bien avouer qu'il y a une singulière analogie entre les deux termes comparés et que cette analogie ne semble pas fortuite. A moins de nier toute évidence, on doit reconnaître que la vie s'explique d'une façon remarquablement claire dans l'hypothèse d'un mouvement tourbillonnaire. C'est, du reste, l'ancienne conception

cartésienne, reprise par les savants modernes. Et, après tout, pourquoi des tourbillons n'existeraient-ils pas dans l'ultramatière? Nous connaissons dans ce fluide des mouvements ondulatoires comparables à ceux des liquides ou des gaz, ce sont la lumière, la chaleur rayonnante, les vibrations électriques; des écoulements qui rappellent l'hydraulique, ce sont le courant et la décharge électriques; pourquoi ne pas généraliser jusqu'au mouvement tourbillonnaire? On sait, du reste, que dans la théorie de Maxwell le magnétisme est attribué à des mouvements tourbillonnaires électriques. Nous sommes parfaitement en droit de supposer, dans l'ultramatière l'existence de tourbillons analogues à ceux que nous constatons dans les fluides pondérables. Les facultés fondamentales de ce mode de mouvement devront s'y retrouver intégralement, puisqu'elles sont indépendantes du substratum.

Un pareil mouvement tourbillonnaire aura les mêmes caractères fondamentaux que la vie; et comme, d'autre part, tout nous porte à localiser la vie dans l'ultramatière, nous sommes conduits à conclure que *la vie est un mouvement tourbillonnaire de l'ultramatière.*

### *Analogie avec le magnétisme*

Les analogies de la vie avec le magnétisme sont de deux sortes, les unes externes, les autres intimes.

1° *Analogies externes :*

α) Un aimant possède une sorte de personnalité distincte du milieu et permanente; elle se manifeste par des phénomènes divers, attractions, répulsions, actions inductives, etc. On peut même reconnaître quelque chose ressemblant à de la sensibilité : les déplacements de la plaque du téléphone déterminent des modifications dans la distribution des éléments magnétiques du barreau, et des courants dans la bobine polaire, qui fait fonction d'appareil nerveux. — Deux aimants peuvent différer par des caractères individuels secondaires, formes, dimensions, intensité d'aimantation, etc.

β) Si l'on brise un aimant en deux on obtient, comme l'a démontré Gilbert au XVI^e siècle, deux aimants possédant les

mêmes propriétés que le barreau primitif, c'est-à-dire, deux pôles de noms contraires et égaux à chaque bout. Si loin que l'on poursuive la division, les fragments posséderont toujours les mêmes propriétés fondamentales que le barreau primitif. Il y a là quelque chose qui rappelle la division cellulaire.

γ) Maintenant, prenons les deux fragments du barreau que nous venons de diviser et rapprochons-les exactement de façon à dissimuler la brisure : les deux pôles de noms contraires, qui étaient apparus sur chaque bord de la brisure, vont se neutraliser, et le barreau primitif sera reconstitué avec ses deux pôles extrêmes seulement. Cela revient à dire que deux individualités magnétiques distinctes peuvent se fusionner en une individualité unique, douée des mêmes propriétés : à rapprocher du fusionnement cellulaire.

Il se pourrait, du reste, qu'il y eût, dans ces deux cas, autre ch se qu'une simple analogie de manifestations extérieures. Quand on éloigne deux pôles de noms contraires d'abord au contact, il faut dépenser un certain travail pour allonger les lignes de force qui les relient; ce travail est employé à multiplier les tourbillons circulaires d'Ampère-Maxwell qu'elles comportent, et il se pourrait bien que ces nouveaux tourbillons particulaires fussent engendrés par dédoublement, par *segmentation*, des éléments préexistants. Dans le rapprochement, ces mêmes éléments sont résorbés avec restitution du travail précédent, et ils le sont, peut-être bien, par *fusionnement*.

δ) L'aimantation absorbe de l'énergie, la désaimantation restitue cette énergie sous forme de chaleur; c'est ainsi que les noyaux de fer doux des alternateurs, des transformateurs s'échauffent; la désaimantation peut produire des courants induits : à rapprocher de la libération de l'énergie par la mort.

Toutefois, on peut objecter que le mouvement magnétique préexiste dans le fer sous forme de courants particulaires d'Ampère; l'aimantation ne fait que les orienter, l'énergie absorbée est employée à vaincre leur résistance à la rectification de leurs alignements et non à les créer. Cette objection disparaît si l'on prend un solénoïde, dont les propriétés sont les mêmes que celles de l'aimant, mais qui n'a pas d'aimantation préexistante. Si on lance un courant dans son circuit, il réagit par self-induction, retarde l'établissement du courant

et, finalement, absorbe une quantité notable d'énergie, qui est employée précisément à faire naître ses propriétés magnétiques et à provoquer le flux de force magnétique, qui le traverse et s'épanouit dans son champ extérieur. Vient-on maintenant à rompre le courant, le flux de force magnétique s'éteint; mais, en disparaissant, il provoque dans le circuit un extra-courant de rupture dont l'énergie est la restitution de la sienne. Ici, l'énergie latente d'aimantation et sa restitution, sous forme de courant d'abord et, finalement, de chaleur, est évidente. Si l'extra-courant traverse un moteur électrique, il le fera tourner : électricité, chaleur, mouvement, nous les retrouvons encore ici.

ε) Le pouvoir chimique n'est certainement pas le caractère dominateur du magnétisme; cependant des recherces récentes ont montré que son action n'est, peut-être, pas complètement nulle[1].

2° *Analogies intimes :*

Les analogies intimes résultent de ce que l'un et l'autre mouvements ont pour siège l'ultramatière et sont caractérisés par des trajectoires fermées, d'amplitude extrêmement petite. Dans le mouvement magnétique, c'est le courant particulaire d'Ampère, c'est le tourbillon circulaire de Maxwell; dans le mouvement vital, c'est une gyration compliquée.

Le mouvement magnétique possède cette remarquable propriété de ne nécessiter aucune dépense pour son entretien; le frottement de l'ultramatière contre la matière pondérable est absolument nul et le mouvement se conserve intégralement, en vertu du principe de l'inertie. Ainsi l'aimant conserve indéfiniment ses propriétés sans aucune dépense.

Si, pour maintenir les propriétés d'un électro-aimant, il faut faire les frais d'un courant électrique, en réalité, l'électro-aimant n'absorbe aucune partie de l'énergie du courant; celle-ci se retrouve tout entière en chaleur dégagée dans le circuit. Le courant ne fait que maintenir un état de chose, l'alignement solénoïdal des éléments magnétiques; son rôle est celui d'un lien qui retient un ressort tendu, mais qui ne travaille pas. Quant aux éléments magnétiques mêmes, contenus dans

[1] *Bulletin de la Société Française de Physique*, séance de février 1895.

le fer, qu'ils soient alignés ou distribués d'une façon quelconque, ils se conservent indéfiniment sans altération au-dessous de la température critique de 750°. Ainsi donc le mouvement magnétique élémentaire se maintient sans aucune dépense.

Nous allons établir qu'il en est exactement de même pour le mouvement vital : *l'entretien du mouvement vital est nul.*

Au premier abord, cette proposition peut paraître paradoxale; car, si nous nous en rapportons à notre expérience de tous les jours, nous constatons la nécessité d'ingérer périodiquement des aliments pour soutenir notre existence.

Mais c'est qu'ici il y a lieu de tenir compte de deux causes puissantes et incessantes de dépenses, le maintien de la température constante du corps et la production des mouvements. Si nous passons aux animaux à sang froid, nous voyons cette dépense diminuer dans des proportions considérables : ils peuvent jeûner fort longtemps. Dans la période d'hivernation de ces mêmes animaux, la dépense organique devient absolument minime. Enfin, poussons les choses à l'extrême : nous arrivons à une forme particulière de la vie, la vie latente, qui nous est offerte par les spores, les germes, les graines, les animaux et végétaux réviviscents. Si les conditions de conservation sont bonnes, la vie peut ainsi persister pendant un temps. pour ainsi dire, indéfini, sans aucun échange avec le milieu,

Si l'on voit des spores, des graines, perdre au bout d'un certain temps leur faculté germinative, il faut en imputer la cause à des altérations d'ordre chimique dans lesquelles l'air et la lumière, en particulier, jouent un rôle destructeur de premier ordre. On sait, au contraire, que des graines enfouies profondément dans le sol peuvent germer après un temps considérable, quand elles sont ramenées à la surface.

Les cas de léthargie ou mort apparente chez l'homme, l'engourdissement de beaucoup d'animaux pendant l'hiver, les exemples d'animaux et de végétaux pouvant subir la dessication et rester dans cet état pendant de nombreuses années, la solidification par le froid d'animaux qui, dégelés, reprennent leurs mouvements, la résistance à des froids excessifs de — 200° des graines et des spores, tous ces phénomènes démontrent le même principe, à savoir, que le mouvement vital peut persister par lui-même sans emprunter quoi que ce soit au milieu extérieur.

Au réveil, l'être vivant reprend son activité, comme si elle n'avait pas été interrompue; mais aussitôt réapparaît la dépense, en proportionnalité avec le degré d'activité. On peut comparer cette suspension de manifestations vitales au repos d'une machine de Holtz amorcée ou d'une machine magnéto-électrique; sitôt qu'on les fait tourner, le courant réapparaît, mais en absorbant du travail moteur.

Chez les vertébrés supérieurs, l'entretien d'une température constante vient singulièrement augmenter les charges du budget vital. On peut mettre en parallèle la dépense qu'il faut faire dans les machines dynamo-électriques pour maintenir à l'aide d'un courant auxiliaire, le magnétisme des électro-aimants.

Il est juste de faire remarquer que, lorsque la quantité d'énergie vitale s'accroît, il y a une absorption d'énergie aux dépens du milieu; absolument comme, lorsqu'elle diminue, il y a restitution; tels sont les cas de croissance, de reproduction d'une part, de décrépitude et de mort de l'autre. Du reste, il n'en est pas autrement pour le magnétisme, quand le flux de force croît ou décroît. Mais, dans le cas de régime, la dépense organique est uniquement affectée aux manifestations vitales ou à l'entretien des conditions d'existence.

Nous mettons ainsi en lumière une propriété capitale, dominatrice, de tous les phénomènes vitaux : *le mouvement vital élémentaire se conservant intégralement sans aucune altération*, nous comprenons la raison de la permanence de la personnalité, comment la mémoire, la conscience se maintiennent à moins de graves accidents, pourquoi la responsabilité n'est pas un vain mot. Nous voyons aussi pourquoi la reproduction, qui n'est en définitive qu'un bourgeonnement simple ou double, fait naître des êtres semblables aux parents; l'hérédité est une conséquence nécessaire de la permanence du mouvement vital.

A moins de circonstances particulièrement graves, l'espèce restera fixe. Si des causes modificatrices puissantes agissent sur elle, ou bien le mouvement vital élémentaire résistera tel quel et ne se pliera pas aux nouvelles exigences; la lutte pour la vie deviendra d'abord difficile et bientôt impossible et l'espèce disparaîtra. Ainsi s'explique l'extinction de certains groupes des flores et des faunes des âges antérieurs. Ç'a été particulièrement le sort des espèces trop étroitement adaptées

à un mode spécial d'existence. Ou bien le mouvement vital cédera, s'harmonisera avec les conditions nouvelles, puis se conservera sans altération pendant la nouvelle période.

Nous entrevoyons ainsi le mécanisme de l'évolution, signalé d'abord par Lamarck et Darwin.

Reprenons notre comparaison à un autre point de vue. Lorsque le circuit magnétique d'un aimant n'est pas fermé, ses pôles peuvent agir à distance; c'est comme si ses pôles se prolongeaient par le champ magnétique qu'ils créent. Existe-t-il quelque chose d'analogue pour la vie? L'être vivant possède-t-il l'action à distance?

L'étude de cette question peut être divisée en deux parts : 1° action à distance très petite; 2° action à distance finie.

1° L'action à très petite distance n'est pas douteuse. D'abord il est certain qu'entre les divers éléments qui composent la cellule il existe des forces directrices dûes à la réaction de ces éléments dynamiques, les uns sur les autres. Ces forces se manifestent par les groupements qu'affecte la matière vivante dans le cytoplasme et dans le noyau. Dans le premier, la matière protoplasmique forme un système réticulaire rayonnant autour du centrosome; dans le second, elle se distribue suivant un long filament (filament chromatique) pelotonné sur lui-même dans la période de repos, et se partageant en segments réguliers au moment de la division cellulaire.

Ce ne sont certainement pas les forces chimiques qui procréent de pareilles associations, ressemblant singulièrement à la distribution que prend la limaille de fer dans un champ magnétique. La limaille forme alors des alignements provoqués par les réactions des mouvements magnétiques dont sont animées toutes les particules du fer soumises au champ. De même, dans le protoplasme, les groupements moléculaires sont incontestablement dûs à la réaction des mouvements vitaux élémentaires.

Ces mêmes réactions déterminent une sorte de cohésion unitaire entre tous les éléments de la cellule, qui constitue ainsi une individualité distincte de tout ce qui l'entoure. Cette force de cohésion unitaire se généralisera à toutes les cellules d'un même tissu, à tous les tissus d'un même individu.

D'autre part, des actions attractives ont été observées entre cellules indépendantes, douées de sexualités inverses.

Beaucoup de mouvements des spermatozoïdes, des anthérozoïdes sont certainement dûs à des réactions chimiques, à des excitants chimiotropiques [1]. Toutefois, il paraît indubitable que, dans certains cas, l'action à distance peut réellement s'exercer entre ces éléments en dehors des causes chimiques [2]; mais ici il s'agit seulement de faits qui ne dépassent pas l'étendue du champ du microscope.

2° Quant à l'action à distance finie, on est loin d'avoir les mêmes éléments de certitude. La question est très controversée et a fait surgir plusieurs écoles.

La plus ancienne est le spiritisme, dont on trouve des germes dans les temps antiques. D'après cette doctrine, certains individus privilégiés pourraient provoquer des actions mécaniques à distance; l'explication donnée est, du reste, des plus fantaisistes. La pratique a montré qu'au fond de tout cela on trouve un étrange mélange de supercherie et d'escroquerie, et les apôtres de cette doctrine ont eu plus d'une fois maille à partir avec la police correctionnelle.

Malgré le discrédit jeté sur la théorie en question, il s'est trouvé des hommes de science qui ont soutenu qu'il pouvait bien, malgré tout, y avoir quelque chose de vrai. Ils disent même avoir obtenu ou vu des effets indubitables d'action à distance [3]. Dès lors la question change d'aspect et mérite attention. D'autant plus qu'à priori rien ne s'oppose positivement à une semblable action. Il pourrait se faire que, au moins momentanément, les mouvements vitaux élémentaires s'associassent selon certains groupements se continuant par des lignes de forces extérieures. Si cela était, il ne serait point du tout nécessaire, pour expliquer l'action à distance, de faire intervenir toute une série de conceptions bizarres et qui ne répondent à aucune réalité physique, telles que fluide vital, fluide neurique, fluide odique, fluide magnétique, force vitale, corps astral, etc., etc.

En définitive, c'est donc à l'expérimentation de trancher la question. Le malheur est que les faits relatés sont si étranges, ils ont été observés dans des conditions si extraordinaires,

[1] Hertwig, *La cellule et les tissus*, p. 109.

[2] *Ibid.*, p. 282.

[3] Consulter A. de Rochas : *L'Extériorisation de la motricité*. 1896, Chamuel, Paris.

qu'avec la meilleure volonté du monde on ne peut s'empêcher d'être envahi par le scepticisme. Je me contenterai de renvoyer le lecteur au travail de M. de Rochas, qui a fait une étude particulière de cette question; et je ne retiendrai que ce fait, à savoir, que les individus, appelés médiums, qui sont censés posséder lesdites propriétés, seraient des sortes de malades, des détraqués, hypnotisables ou hystériques, et que rien de semblable n'apparaîtrait chez un individu sain et normal. Conclusion pratique : dans l'état normal, il n'y a pas d'action à distance finie.

L'action à distance a pour réciproque nécessaire la sensibilité à distance, en vertu de l'égalité de l'action et de la réaction : ainsi, l'aimant d'un téléphone agit sur sa plaque; mais les mouvements de celle-ci réagissent sur l'aimant et provoquent des courants induits dans la bobine polaire. De la même façon, il y a lieu de séparer la sensibilité à distance très petite et la sensibilité à distance finie; les conclusions seront les mêmes. La première n'est pas douteuse; quant à la seconde, il est prudent de faire des réserves toute spéciales. Il y a, dit-on, des faits réels qui s'observeraient également chez des personnes détraquées, les mêmes souvent que pour l'action à distance. On pourra consulter encore l'ouvrage de M. de Rochas, consacré à l'exposition de ces phénomènes [1]. Toutefois, à côté des faits qui semblent être bien observés, on trouve une telle accumulation de choses étranges, qu'on est en droit de se demander où cesse la vérité et où commence la légende.

Une autre école soutient la transmission de la pensée à distance.

Que la sensibilité vague, organique, mal définie, ou encore la sensibilité tactile puisse être excitée à distance, il n'y a rien là qui doive surprendre outre mesure. Mais prétendre que la pensée puisse se transmettre de cerveau à cerveau sans intervention des sens, et même à travers des obstacles massifs, c'est outrepasser le vraisemblable. D'ailleurs, toutes les fois qu'une étude attentive a été faite de ces prétendues transmissions, on a toujours trouvé l'intervention des sens : parfois ils sont hypéresthésiés et leur acuité devient extrême, mais ils interviennent. Le vieil aphorisme « *nihil in intellectu*

[1] A. de Rochas. *L'Extériorisation de la sensibilité.* 1895, Chamuel, Paris,

*quod non prius in sensu* » restera toujours l'expression de la vérité.

On peut encore ajouter un argument à priori : si les centres nerveux pouvaient être instruits de ce qui se passe à l'extérieur sans l'intervention des sens, on ne voit pas pourquoi ceux-ci se seraient formés et perfectionnés. Dans le travail organisateur, la Nature suit toujours la loi de moindre action, le chemin de moindre dépense : on se trouverait donc en contradiction avec un des principes essentiels de la mécanique; autant dire que le système est faux.

Faut-il encore faire mention de cette fantaisiste théorie de la télépathie, d'après laquelle la sensibilité extériorisée ne connaîtraît plus ni obstacle, ni distance, et ne serait plus arrêtée par des centaines de kilomètres?

Résumons plutôt l'étude des faits dûment constatés et incontestables, et disons que, dans les conditions normales de la vie, l'action à distance finie et la sensibilité à distance finie sont nulles. Nous en conclurons que le mouvement vital ne se profuse pas à l'extérieur, n'a pas de champ d'action externe. Cela va nous permettre de resserrer la question et de concevoir, au moins approximativement, la forme élémentaire de ce mouvement.

Une première solution serait celle d'un filet magnétique solénoïdal fermé en cercle sur lui-même. Il n'y aurait pas de champ extérieur; mais nous retomberions ainsi dans un cas particulier du magnétisme. Or, le magnétisme et la vie sont certainement distincts et le mouvement magnétique n'a pas l'élasticité nécessaire pour se prêter aux multiples manifestations de la vie.

En raison de la grande analogie du mouvement vital avec le tourbillonnement des fluides, je serais porté à préférer la solution suivante. Supposons un mouvement tourbillonnaire en forme de fuseau terminé en pointe à ses deux extrémités, comme qui dirait l'assemblage de deux trombes rajustées par leur base; il est vraisemblable qu'un pareil système n'aurait pas d'action extérieure, les trajectoires des particules de l'ultramatière dessinant une surface fermée. On sait, d'ailleurs qu'une trombe peut se déplacer dans une atmosphère complètement calme, sans qu'il en résulte quoi que ce soit, tant que sa surface n'est pas entamée, notamment tant que sa pointe n'est pas coupée par le sol.

Toutes les propriétés fondamentales des mouvements gyratoires seraient incontestablement respectées; mais, en outre, en supposant que, à un moment donné, la pointe terminale pût être remplacée par une petite section circulaire rappelant l'extrémité d'un filet solénoïdal, on s'expliquerait que le mouvement vital élémentaire pût avoir, par analogie avec le magnétisme, une action extérieure. Dès lors, tous les tourbillons élémentaires pourraient réagir les uns sur les autres, au moins à faible distance, et constituer des groupements plus ou moins complexes.

De cette façon, le magnétisme et la vie seraient attribués à deux modalités de mouvements, incontestablement voisins, mais irréductibles l'un à l'autre. L'élément du magnétisme est le courant ou tourbillon circulaire d'Ampère et de Maxwell; il est toujours identique à lui-même et il n'y a qu'une seule espèce de magnétisme. Les groupements qu'il peut former semblent être assez limités; en tous les cas, il n'y en a qu'un seul qui ait de l'intérêt, c'est l'alignement solénoïdal.

Pour la vie, l'élément dynamique serait le tourbillon fusiforme. Les trajectoires des particules de l'ultramatière doivent vraisemblablement suivre un mouvement oscillatoire d'une extrémité à l'autre, comme dans les trombes. Il peut très bien y avoir différents rythmes de mouvements et, par conséquent, plusieurs systèmes biologiques très nettement différents les uns des autres. On s'explique ainsi qu'il puisse exister un certain nombre d'embranchements très distincts et irréductibles les uns aux autres.

Dans chaque système, il peut se produire un nombre considérable de groupements distincts des tourbillons élémentaires ; ce qui explique que, dans chaque embranchement, le nombre des espèces peut être, pour ainsi dire, indéfini.

Tandis que le magnétisme déterminera partout et toujours les mêmes effets, la vie, au contraire, se révèlera sous les aspects les plus variés. Le transformisme, qui n'a aucun sens en physique, commandera le monde biologique, chaque acquisition nouvelle correspondant à un nouveau groupement des mouvements vitaux élémentaires.

Désormais, pour simplifier le langage, je désignerai sous le nom de *vortex* le tourbillon vital élémentaire.

La probabilité d'une certaine analogie naturelle entre le

magnétisme et la vie semble avoir été soupçonnée même par les personnes les plus éloignées des recherches scientifiques. Je n'en veux d'autre preuve que la dénomination de magnétisme donnée aux phénomènes hypnotiques qui ne sont, en définitive, qu'une anomalie biologique.

Il était intéressant de savoir quelle pouvait être l'action d'un champ magnétique puissant sur les êtres vivants. De l'enquête ouverte à ce sujet, il semble résulter que les êtres adultes et normaux ne ressentent pas grand'chose. Edison a construit des électro-aimants creux où l'on pouvait enfoncer la tête; l'effet a été nul, même avec des courants alternatifs très puissants. Toutefois, des monteurs électriciens qui, par ailleurs, m'ont paru être dans des conditions de santé normales, m'ont affirmé avoir ressenti des éblouissements, des bourdonnements, du vertige en approchant la tête du champ magnétique de certains moteurs extrêmement puissants, qu'emploie l'industrie actuelle.

En tous cas, lorsqu'il s'agit de personnes hypnotisables, le flux de force magnétique, même très médiocre, qu'engendrent les aimants ordinaires, suffit pour provoquer, en traversant les tissus, de la douleur, la contracture, la catalepsie, un afflux sanguin, en définitive, des désordres. On a même là un moyen de diagnostiquer cette singulière prédisposition. J'ai constaté que ces effets se produisaient sur une partie quelconque du corps et que le système nerveux ne semblait pas être le seul intéressé dans la question. L'hypnose pourrait très bien ne pas être seulement une détracation du système nerveux, mais être dû à une prédisposition universelle de tout l'organisme : les liaisons entre les vortex vitaux n'auraient pas la résistance normale et pourraient être modifiées; la dislocation de la personnalité, tant au point de vue corporel qu'au point de vue psychique, qu'on peut opérer sur les sujets hypnotisables, trouverait une interprétation toute naturelle dans cette hypothèse.

Cette perturbation peut être comparée à celle qui se produit dans la distribution des éléments magnétiques d'un électro-aimant, quand on vient à supprimer le courant électrique coordinateur. Les éléments magnétiques, d'abord alignés en solénoïdes, s'orientent alors suivant des groupements plus ou moins désordonnés, jusqu'au moment où une nouvelle aimantation rétablira l'ordre primitif.

Les êtres en voie de développement sont, eux aussi, fâcheusement impressionnés par le magnétisme. J'ai eu l'occasion, en 1886, de faire couver des œufs de poule au-dessus d'un fort aimant en fer à cheval. Il y eut une mortalité considérable dans l'œuf, à divers degrés de développement de l'embryon; les poussins qui ont survécu ont tous présenté des malformations diverses [1].

Dans le même temps, un expérimentateur italien, le professeur Maggiorani, se livrait à des essais semblables, mais sur une bien plus grande échelle, à l'aide de couveuses artificielles et d'électro-aimants : ses résultats ont été de tous points identiques [2].

Dans une autre série d'expériences, ayant déposé, pour les faire germer, des graines d'une même espèce dans deux verres de montre placés l'un sur un électro-aimant droit, l'autre à distance, je vis les graines du premier verre présenter un retard considérable comparativement au second; beaucoup de graines ne germaient pas, les autres se développaient mal. Sitôt que l'on rompait le courant qui alimentait l'électro-aimant, la végétation reprenait rapidement son cours normal, pour s'alanguir à nouveau quand le courant était rétabli.

Il semble bien résulter de ces expériences que le flux de force magnétique entrave le développement embryonnaire et la croissance.

Faut-il s'étonner de tous ces faits? A mon avis, ils viennent confirmer et justifier le rapprochement que j'ai indiqué pour les mouvements magnétiques et vitaux élémentaires, tous deux, mouvements de l'ultramatière. La gyration magnétique, agissant avec une certaine brutalité, tend à détourner les particules électriques de la trajectoire qui leur est imposée dans le vortex vital.

Enfin, je terminerai ce long parallèle en signalant une dernière analogie, qui a bien certainement son intérêt : c'est que les mouvements vitaux et magnétiques ne peuvent pas supporter une température élevée sans se rompre. Au-dessus de 45°, la vie active est compromise; en tous les cas, les spores même les plus résistantes, sont tuées à 110°. De même l'aimant perd ses propriétés au rouge et, au rouge blanc, le

[1] *Bulletin de la Société d'Etudes Scientifiques d'Angers*, année 1886, p. 13.
[2] *La Lumière électrique*, 1885, t. XVI, p. 472.

fer n'est même plus attiré. Cela prouve que ces deux sortes de mouvements ne peuvent se maintenir, au sein de la matière pondérable, qu'à des températures relativement basses.

### *Analogie avec l'électricité*

Rattacher la vie à l'électricité est une séduisante conception, qui a hanté l'imagination de plus d'un chercheur. A priori, il semble évident que la vie, la plus compliquée de toutes les manifestations de la Nature, doit avoir quelque lien de parenté avec cette autre force si prodigieusement polymorphe et qui nous étonne par la variété extraordinaire de ses effets.

L'hypothèse d'un fluide vital, identique ou analogue à l'électricité, a été soutenue par Galvani, qui crut trouver dans la célèbre expérience de la grenouille une confirmation de ses idées. Volta, ayant repris la question, démontra qu'en réalité la production du courant était dominée par un fait d'ordre physique, le contact de corps hétérogènes, au nombre desquels figurent des liquides. C'est de cette constatation qu'est née la pile électrique et, avec elle, l'électricité dynamique.

Cependant, des recherches analogues à celles de Galvani, entreprises par Nobili, Matteucchi, Dubois-Reymond et autres, ont mis hors de doute l'existence de courants propres aux tissus vivants, notamment dans les muscles et les cordons nerveux. D'autre part, l'étude des propriétés et de l'organisation des poissons capables de lancer des commotions, comme les torpilles, silures, gymnotes, est venue confirmer cette production d'électricité dans les organismes vivants. Chez ces animaux, la chose est élevée jusqu'à la hauteur d'une institution fonctionnelle, tandis que, dans le cas général, l'électricité n'apparaît guère que comme un épiphénomène. Les végétaux, eux-mêmes, ont fourni à l'examen des indications de dénivellations électriques, notamment dans les organes moteurs des feuilles, détail curieux qui rapproche ces organes des muscles des animaux.

Nous avons démontré, au chapitre X, que l'électricité apparaît comme une forme intermédiaire de la restitution de l'énergie de vitalité : la destruction des vortex vitaux libère de l'énergie électrique. Nous trouvons ainsi l'expli-

cation des faits précédents, toute manifestation biologique étant une mort partielle.

La ressemblance des nerfs avec des conducteurs électriques avait attiré particulièrement l'attention; malheureusement l'énorme différence de vitesse, 30 mètres par seconde au lieu de 300.000 kilomètres, vient démontrer le mal fondé d'une tentative d'identification. C'est donc à d'autres points de vue qu'il faut chercher les analogies.

M. Ed. Perrier, dans l'ouvrage déjà cité, *Les Colonies animales*, regarde comme très vraisemblable l'interprétation des phénomènes vitaux par l'intervention de la matière impondérable, de l'électricité. Mais il ajoute que ces sortes de recherches dépassent la tâche du naturaliste [1].

En effet, c'est dans le monde physique proprement dit et non dans la biologie, qu'il faut chercher des termes de comparaison.

Je considérerai tout d'abord le cas des machines électrostatiques et particulièrement la machine de Holtz. J'ai toujours été frappé par l'analogie de la vie et de la mort avec la période d'activité et le désamorçage de cette machine.

Tant que l'amorce électrique nécessaire n'a pas été déposée sur les inducteurs, l'appareil n'est qu'un assemblage inerte de plateaux de verre et de conducteurs isolés; mais, lorsque le levain électrique a été introduit, tout se transforme instantanément comme dans un changement à vue; la machine *s'anime* et un torrent de feu électrique s'écoule entre les deux pôles.

Entre les mains habiles du physicien, l'appareil se prête avec docilité à toutes ces manifestations si surprenantes et si variées de l'électricité à haute tension : la machine vit.

Et maintenant, donnons un ou deux tours en arrière : tout est fini, la machine est désamorcée; cette manœuvre a eu, en effet, pour conséquence d'affaiblir progressivement la charge des inducteurs. La machine est redevenue inerte; elle est électriquement morte; c'est un cadavre. Et cependant, elle est identiquement semblable à elle-même au point de vue matériel : tout est en place, les conducteurs ne sont pas modifiés, les plateaux ne le sont pas davantage, les inducteurs occupent exactement la même position. Mais l'amorce primitive,

[1] Ed.Perrier, *loc. cit.* p. 780.

*l'âme* de la machine, s'est éteinte et tout est fini. L'appareil n'est plus qu'un corps sans âme, un cadavre; et ici, comme dans l'être vivant, la matière pondérable n'a joué qu'un rôle de support.

Or, combien est faible cette âme, cette première mise inductive par rapport à l'énorme quantité d'électricité mise en jeu sous son influence? C'est que, malgré sa très faible masse, elle possède une véritable puissance dominatrice; c'est elle qui oblige l'énergie mécanique à se transformer en énergie fluidique.

Dans des conditions favorables, la machine peut rester amorcée fort longtemps; si l'on ne fait pas tourner le plateau mobile, aucune manifestation extérieure n'apparaît et, cependant, la machine est animée : c'est *la vie latente*. Vient-on à faire mouvoir à nouveau le plateau, tout réapparaît : c'est *la vie active*.

Les machines dynamo-électriques nous offrent un autre exemple d'analogie avec l'être vivant. Tant que l'inducteur ne fonctionne pas, l'induit tourne à vide sans produire aucun courant; mais, si l'inducteur est actionné, s'il est parcouru par un courant, il réagit sur l'induit; alors la machine se met en marche et fournit son courant normal. Ici, l'inducteur est l'âme de la machine, et ici encore la matière pondérable ne joue que le simple rôle d'un support.

Mais, si les machines électriques ne fournissent qu'une analogie un peu lointaine avec l'être vivant, il est possible par ailleurs de trouver dans le domaine électrique un thème de comparaison d'un intérêt capital. Je veux parler de ces étranges manifestations de l'électricité atmosphérique, connues sous les noms de foudres globulaires, globes fulminants, globes électriques.

Comme prélude à l'étude de cette question, disons quelques mots sur le concept cosmogonique, que M. Ed. Perrier, auquel j'ai emprunté de nombreuses citations, a exposé dans *Les Colonies animales*[1]. Il rappelle les théories de divers physiciens, d'après lesquels les atomes des corps simples ne seraient que des agrégats de la matière primordiale, formés pendant la condensation de la nébuleuse primitive. Il pense que, dans cette même nébuleuse, qui a donné naissance aux

[1] Ed. Perrier, *loc. cit.*, p. 49.

corps chimiques, certaines formes de mouvement, comparables à celles qui ont été employées à créer les atomes, ont pu produire les premières combinaisons vivantes, les premiers protoplasmes.

Ainsi, d'après l'avis de l'auteur des *Colonies animales*, il y aurait lieu de reporter jusque dans le dynamisme de la matière primordiale la question de l'origine de la vie. Or, cette matière primordiale, c'est l'éther, c'est l'électricité; c'est là qu'il conviendrait d'aller chercher les premiers débuts de la vie.

Mais comment réaliser un pareil programme de recherches? Ici, comme précédemment, nous nous laisserons guider par l'analogie.

Nous avons vu que la vie peut s'expliquer par un mouvement tourbillonnaire de l'ultramatière, ressemblant aux remous gyratoires des cours d'eau et de l'atmosphère. Or, comment ces derniers prennent-ils naissance? Nous pouvons le constater de nos yeux; c'est par des inégalités de vitesse dans la masse de ces fluides. Ces gyrations apparaissent sur le pourtour des courants puissants, courant central d'une rivière, grands courants atmosphériques des alizés, des moussons, etc., et leur énergie individuelle est empruntée au courant lui-même.

Reportons-nous à notre étude et concluons : la matière mise en jeu est ici l'ultramatière, les remous tourbillonnaires sont nos vortex élémentaires et, quant au courant qui doit les faire surgir, qu'est-ce autre chose, sinon le courant électrique lui-même?

Un courant capable de provoquer une pareille individualisation de l'énergie, doit vraisemblablement posséder deux qualités : grande intensité et courte durée. La première s'impose en raison de l'énergie qui devra être fournie à l'unité nouvellement procréée. La seconde est également nécessaire; car la persistance du courant serait de nature à détruire par action inductive l'individualité formée; au contraire, par la disparition subite du courant, cette individualité devient aussitôt libre, indépendante et capable de suivre une évolution propre. Pour me servir d'une image familière, je rappellerai que, dans le lancement d'une toupie, il faut que la corde se déroule et se dérobe rapidement; autrement, le mouvement de la toupie devient désordonné, le coup est manqué.

Or, les caractères que je viens de définir sont essentiellement ceux d'une explosion disruptive de l'électricité à haute tension, d'une fulmination, d'un coup de foudre. On sait, d'ailleurs, qu'une décharge similaire, obtenue à l'aide de nos machines, est capable de provoquer des mouvements tourbillonnaires dans le milieu pondérable. Il suffit pour le montrer de faire jaillir des étincelles un peu longues dans une atmosphère remplie de fumée. Il y a donc de fortes présomptions pour qu'un semblable mouvement puisse se déclarer dans l'ultramatière elle-même, lorsque la commotion est très violente.

La question revient dès lors à savoir s'il a été observé dans le voisinage des explosions de la foudre des phénomènes d'individualisation, possédant les caractères fondamentaux du mouvement vital.

Je répondrai affirmativement : oui, sans aucun doute, quelque chose de semblable a été observé; ce quelque chose c'est la foudre globulaire [1] !

Avant d'approfondir ce sujet, je dois tout d'abord combattre une objection formulée par divers savants contre la réalité objective de cette étrange manifestation de l'électricité. D'après eux, l'observateur, ayant eu la vue aveuglée par un éclair dirigé dans le sens du rayon visuel, conserverait sur sa rétine pendant un certain temps une impression, qui lui ferait croire à l'existence d'un corps lumineux extérieur; ce corps lumineux se déplacerait en même temps que le rayon visuel, comme lorsqu'on a regardé le soleil en face; ce ne serait alors qu'une illusion d'optique.

Il y a d'abord lieu de relever que toutes les relations du phénomène lui accordent un mouvement lent et suivant une

[1] On a parfois signalé l'apparition de globes de feu près du sol et sans qu'il y ait eu d'explosion au préalable, notamment au sommet de paratonnerres et le long de troncs d'arbres. Or, il n'est pas douteux que ces derniers corps ne soient parcourus par des courants dans les temps d'orages; parfois ces courants venant du sol présentent des caractères particuliers d'instantanéité et d'extrême intensité. (Voir Arago, *Notice sur le Tonnerre*, dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* de 1838, p. 365 et suiv.) Dans de pareilles circonstances, les conducteurs verticaux servent de chemin à une effluve violente et subite, sorte de décharge obscure, ascendante, possédant les mêmes propriétés que la décharge lumineuse et capable comme elle de provoquer des mouvements tourbillonnaires sur son pourtour.

trajectoire rectiligne ou lentement courbe, tandis que la mobilité du regard devrait faire parcourir à la virtualité subjective une trajectoire en ligne brisée et avec un mouvement rapide, saccadé.

Mais il y a surtout une raison qui est péremptoire et absolument probante, c'est que le même globe fulminant a pu être vu simultanément par plusieurs personnes à la fois. Le fait a été signalé très souvent. Je citerai, comme exemple, le récit suivant, dû à un témoin oculaire, M. Batti, peintre de l'impératrice d'Autriche [1].

En 1841, à Milan, un jour d'orage, le tonnerre éclatait de temps en temps avec un bruit épouvantable; j'entendis dans la rue plusieurs voix d'enfants et d'hommes qui criaient : *guarda, guarda* (regardez, regardez), et, en même temps, j'entendis le bruit de souliers ferrés. Je courus à la fenêtre, et, tournant la tête du côté d'où venait le bruit, c'est-à-dire, à droite, la première chose qui frappa mes yeux fut un globe de feu qui marchait au milieu de la rue et au niveau de ma fenêtre, dans une direction non pas horizontale, mais sensiblement oblique. Huit ou dix personnes du peuple, continuant à crier *guarda, guarda*, les yeux fixés sur le météore, l'accompagnaient dans la rue d'un pas que les soldats nomment le pas accéléré. Le météore passa tranquillement devant ma fenêtre... Après un moment, craignant de le perdre de vue derrière les maisons qui sortaient de la ligne de celle dans laquelle j'étais logé, je descendis en hâte dans la rue et j'arrivai encore à temps pour le voir et me joindre aux curieux qui le suivaient. Il marchait toujours aussi lentement, mais il s'était élevé, de manière que, après trois minutes environ de marche toujours montante, il alla heurter la croix du clocher de l'église *dei Servi* et disparut avec un bruit sourd comme celui d'un canon de 36 ouï à la distance de 25 kilomètres avec un vent favorable.

Jugez maintenant de la difficulté d'expliquer ce phénomène dans l'hypothèse d'une impression subjective. Il faudrait supposer que les divers témoins aient eu la rétine affectée de la même façon et que, sans se dire le mot, ils aient marché du même pas, tourné la tête dans la même direction, regardé toujours un même point imaginaire de l'espace; ce dernier

[1] Faye. *Sur les orages et sur la formation de la grêle.* (*Annuaire du Bureau des longitudes*, 1877, p. 559).

aurait dû se déplacer pour tous de la même façon et aboutir pour tous au même endroit de l'espace; puis, en même temps pour tous, l'illusion aurait subitement disparu; car, autrement, chaque spectateur aurait cru voir une apparition distincte, se comportant et finissant d'une façon différente. L'impossibilité d'une pareille entente saute aux yeux et entraîne la condamnation même de l'interprétation.

Du reste, dans sa classique *Notice sur le Tonnerre* [1], Arago en accumulant les preuves à l'appui, a prouvé la réalité de ces phénomènes; et, ajoute Daguin [2], « il est à remarquer que, depuis qu'Arago les a distingués comme espèce de la foudre ordinaire, les relations plus détaillées signalent presque toujours cette circonstance que l'apparition du globe de feu a été précédée d'un coup de foudre. S'il en était toujours ainsi, il se pourrait que les globes fulminants fussent un effet ou un produit de la foudre, et non de la foudre elle-même. »

Voilà, certes, une interprétation qui cadre merveilleusement avec la thèse que nous soutenons.

Montrons maintenant que, plus qu'aucun autre phénomène connu, les globes fulminants possèdent, puissamment accusés, les caractères fondamentaux du mouvement vital.

1° *La personnalité.*

Le globe de feu constitue une sorte d'unité absolument tranchée et distincte du milieu. Il marche lentement près du sol, semble éviter les obstacles qu'il rencontre dans sa course errante; il ne montre aucune tendance à se rapprocher des métaux et des corps bons conducteurs. Ses manières étranges ne peuvent se rattacher à aucune manifestation connue des forces physiques. Au contraire, son allure générale rappelle celle d'un être vivant qui aurait la même densité que le milieu, un animal aquatique au sein de l'eau, par exemple. « Ces effrayants mobiles ont des mouvements tellement bizarres que l'on semble obligé de les croire *volontaires*. [3] »

[1] Arago. *Notice scientifique sur le Tonnerre* (*Annuaire du Bureau des longitudes pour* 1838).

[2] Daguin. *Traité de physique élémentaire*, éd. 4, t. 3, p. 226.

[3] W. de Fonvielle. *Eclairs et Tonnerres*, p. 61.

On connaît la classique relation rédigée par Babinet et qu'il communiqua à l'Académie des Sciences, le 5 juillet 1852[1].

L'objet de cette note est de mettre sous les yeux de l'Académie un des cas de foudre globulaire, que l'Académie m'avait chargé de constater, il y a quelques années (le 2 juin 1843), et qui avait frappé, non en arrivant mais en se retirant pour ainsi dire, une maison située rue Saint-Jacques, dans le voisinage du Val-de-Grâce. Voici, en peu de mots, le récit de l'ouvrier dans la chambre duquel le tonnerre en boule descendit pour remonter ensuite.

Après un assez fort coup de tonnerre, mais non immédiatement après, cet ouvrier, dont la profession est celle de tailleur, étant assis à côté de sa table et finissant de prendre son repas, vit tout à coup le châssis garni de papier, qui fermait la cheminée, s'abattre comme renversé par un coup de vent assez modéré et un globe de feu, gros comme la tête d'un enfant, sortir tout doucement de la cheminée et se promener lentement par la chambre à peu de hauteur des briques du pavé.

L'aspect du globe de feu était encore, suivant l'ouvrier tailleur, celui *d'un jeune chat* de grosseur moyenne pelotonné sur lui-même et se mouvant sans être porté sur ses pattes. Le globe de feu était plutôt brillant et lumineux qu'il ne semblait chaud et enflammé et l'ouvrier n'eut aucune sensation de chaleur.

Ce globe s'approcha de ses pieds *comme un jeune chat* qui veut jouer et se frotter aux jambes, suivant l'habitude de ces animaux; mais l'ouvrier écarta les pieds et, par plusieurs mouvements de précaution, mais tous exécutés, suivant lui, très doucement, il évita le contact du météore. Celui-ci paraît être resté plusieurs secondes autour des pieds de l'ouvrier assis qui l'examinait attentivement, penché en avant et au-dessus. Après avoir essayé quelques excursions en divers sens, sans cependant quitter le milieu de la chambre, le globe de feu s'éleva verticalement à la hauteur de la tête de l'ouvrier, qui, pour éviter d'être touché au visage et en même temps pour suivre des yeux le météore, se redressa en se renversant en arrière sur sa chaise. Arrivé à la hauteur d'environ un mètre au-dessus du pavé, le globe de feu *s'allongea un peu* et se dirigea obliquement vers un trou percé dans la cheminée environ à un mètre au-dessus de la tablette supérieure de cette cheminée.

Ce trou avait été fait pour laisser passer le tuyau d'un poêle qui, pendant l'hiver, avait servi à l'ouvrier. Mais, suivant l'expression de ce dernier, le tonnerre ne pouvait le voir; car il était fermé par du papier qui avait été collé dessus.

[1] *Comptes rendus*, t. XXXV, p. 5.

Le globe de feu alla droit à ce trou, en décolla le papier sans l'endommager et remonta dans la cheminée; alors, suivant le dire du témoin, après avoir pris le temps de remonter le long de la cheminée, du train dont il allait, c'est-à-dire, assez lentement, le globe arrivé au haut de la cheminée, qui était au moins à vingt mètres du sol de la cour, produisit une explosion épouvantable qui détruisit une partie du faîte de la cheminée et en projeta les débris dans la cour; les toitures de plusieurs petites constructions furent enfoncées, mais il n'y eut aucun accident grave.

Le logement du tailleur était au troisième étage et n'était pas à la moitié de la hauteur de la maison; les étages inférieurs ne furent pas visités par la foudre. Les mouvements du globe lumineux furent toujours lents et non saccadés. Son éclat n'était point éblouissant et il ne répandait aucune chaleur sensible. Il ne paraît pas avoir eu de tendance à suivre les conducteurs et à céder aux courants d'air.

Relevons spécialement cette comparaison de l'allure du globe avec celle d'un *jeune chat*, cette sorte d'*instinct* qui lui fait deviner l'existence d'une perforation dans la muraille, et enfin cette déformation *amiboïde* de sa masse pour s'insinuer plus aisément entre la paroi de la cheminée et le papier et décoller celui-ci, sans l'endommager.

Quant à l'explosion finale, laissons-là de côté momentanément; nous en verrons bientôt l'interprétation. Signalons encore la relation suivante.

M. Faye, le savant physicien de l'Institut, dont le témoignage fait autorité, a raconté quelque part un vieux souvenir de famille qui mérite d'être rappelé.

Pendant un violent orage de nuit, un de ces globes pénétra, probablement par la cheminée, dans la chambre de la domestique à côté de celle où sa mère et sa sœur s'étaient réfugiées. Elles ne virent pas ce globe, mais elles l'entendirent circuler avec un fort grondement.

Heureusement la domestique, qui était couchée, dormait si profondément qu'elle ne se réveilla pas.

Au bout de quelques instants, qui parurent bien longs, la boule passa par-dessous la porte en enlevant quelques copeaux de bois, dont M. Faye put voir les traces, puis on l'entendit se diriger par un long corridor vers une fenêtre donnant sur une cour beaucoup plus basse; elle cassa le coin de la vitre et tomba sur un amandier qu'elle brisa avec explosion. Le phénomène était si effrayant ou,

du moins, l'émotion fut si vive que la sœur de M. Faye en garda une pâleur mortelle pendant des semaines entières [1].

Daguin, dans un autre récit de foudre en boule, fait dire au rapporteur que « le globe vint se poser comme *un oiseau* sur un fil télégraphique [2] ».

Dans cette tendance naturelle, que l'on a de comparer les faits et gestes du globe électrique avec ceux des animaux, n'y aurait-il pas comme une sorte de pressentiment d'un lien de parenté?

On signale fréquemment ce fait que, lorsque le globe tombe sur le sol, il rebondit comme une balle élastique. Il faut en conclure que les éléments qui le composent ont entre eux une cohésion unitaire, qui rappelle celle des molécules protoplasmiques dans la masse de la cellule.

La comparaison des diverses relations de foudres globulaires montre que ces météores, quoique ayant une manière d'être générale analogue, offrent cependant de notoires différences individuelles. Ces différences portent sur les dimensions très variables, sur la couleur allant du blanc mat au jaune, au vert, au bleu [3]; sur la marche plus ou moins lente ou précipitée; sur l'intensité de l'explosion finale; sur les particularités diverses de l'allure. Cela concorde bien avec l'idée que nous nous faisons de la grande diversité native qu'ont dû présenter entre eux les premiers protoplasmes, qui ont peuplé la terre à l'origine.

2° *La segmentation.*

C'est là une propriété, qui semble essentielle à la foudre globulaire, et les cas de division ont été fréquemment observés. Je citerai quelques passages de la notice d'Arago :

Page 260 :

Dans un orage, le 16 juillet 1750, après un coup de foudre qui endommagea une maison de Darking (Surrey), tous les témoins de l'événement déclarèrent qu'ils avaient vu de grosses boules de

[1] *Le Petit Journal* du vendredi 31 août 1894.
[2] Daguin, *loc. cit.*, éd. 4, t. 3, p. 254.
[3] Suivant une certaine vraisemblance, la luminosité des globes peut être rapprochée de la phosphorescence chez les êtres vivants.

feu autour de la maison foudroyée; en arrivant à terre ou sur les toits, ces boules se *partagèrent en un nombre prodigieux de parties*, qui se dispersèrent dans toutes les directions.

Page 264 :

Peu de temps après l'entrée de Philippe V à Madrid, la foudre tomba sur le palais. Les personnes réunies en ce moment dans la chapelle royale y virent entrer deux boules de feu; l'une d'elles se *subdivisa en plusieurs autres* qui, avant de se disperser, bondirent à plusieurs reprises comme des balles élastiques.

Page 265 :

Après une explosion de la foudre dans la maison de M. David Sutton, à Newcastle-sur-Tyne, en 1809, plusieurs personnes virent par terre, à la porte même du salon où elles se trouvaient réunies, un globe de feu immobile; il s'avança ensuite jusqu'au milieu du salon et se *subdivisa* en *plusieurs fragments*, qui eux-mêmes firent explosion comme les étoiles d'une fusée.

J'emprunte encore à *la Nature* la relation d'un fait analogue de date plus récente.

Le 2 janvier 1890, à 9 h.15 du soir, à Pontévédra, en Espagne, M. Caballero, directeur de la station d'électricité pour l'éclairage de la ville, vit tout à coup un globe de feu de la dimension d'une orange tomber sur un des conducteurs aériens. Par ce chemin il se rendit avec une lenteur relative à l'usine d'électricité, détruisit l'appareil de distribution et, relevant l'armature d'un interrupteur de courant, il frappa la dynamo en mouvement. Sous les yeux du mécanicien et des ouvriers terrifiés, il rebondit deux fois de la dynamo aux conducteurs et des conducteurs à la dynamo, puis tomba et éclata avec bruit en une *multitude de fragments*, sans laisser la moindre trace de sa mystérieuse nature.

Plusieurs personnes avaient vu la boule de feu dans la ville avant qu'elle ne pénétrât dans l'usine [1].

Cette dernière observation tend à prouver que la boule fulminante, provenant sans doute d'un orage éloigné, avait dû fournir antérieurement une course considérable, et permet d'expliquer comment cet étrange coup de théâtre s'est passé « par un ciel clair et serein ».

[1] *La Nature*, 1890, 1er semestre, p. 167.

*3° Le fusionnement.*

La réunion de deux ou plusieurs globes de feu en un seul est également un fait d'observation.

Lors de l'accident qui détruisit entièrement, dans la nuit du 14 au 15 avril 1718, l'église de Guesnon, près de Brest, Deslandes vit trois globes de feu de plus d'un mètre de diamétre, *qui se réunirent en un seul*; celui-ci traversa le mur de l'église et éclata dans l'intérieur en faisant sauter le toit et les murs [1].

Il est à noter que les exemples de fusionnement sont beaucoup plus rares que ceux de segmentation. Il y a à cela une raison majeure, c'est que fort rarement plusieurs globes se trouvent réunis dans le voisinage les uns des autres.

Remarquons, toutefois, encore que chez les êtres vivants la conjugaison est un phénomène beaucoup plus espacé que la segmentation. Ainsi, pour prendre un exemple bien défini tiré de l'étude des infusoires, on constate que le besoin de la conjugaison ne se fait sentir impérieusement, suivant les espèces, qu'au bout de la 120e, la 140e, la 300e génération par voie de division scissipare [2].

Chez les êtres supérieurs, la sexualité n'apparaît que vers la forme adulte, après une prodigieuse division cellulaire à partir de l'œuf.

*4° La mort.*

Il y a lieu, comme pour l'être vivant, de distinguer la mort totale définitive et la mort partielle, ou usure progressive de l'énergie latente.

La mort définitive se fait ici avec une grande violence, parce que l'énergie n'est pas retenue dans les mailles d'une charpente chimique, et le caractère nettement explosif d'un système endothermique apparaît ici avec une netteté incomparable. Nous savons que la chose était prévue d'avance [3].

On peut juger par les citations précédentes et les nombreuses relations qui ont été publiées que, le plus souvent, la vie errante du globe électrique se termine par une violente explosion causant parfois de grands dégâts.

[1] Daguin. *Traité élémentaire de Physique*, éd. 4, t. 3, p. 254. — Arago, *loc. cit.*, p. 259.

[2] Hertwig. *La Cellule et les Tissus*, traduct. franç., p. 249.

[3] Se reporter au chapitre X : La mort et l'énergie de vitalité.

On reste stupéfait en mettant en parallèle la violence de ces détonations, rappelant celle des explosifs modernes, avec la faible masse qui recélait cette puissance vive à l'état potentiel. En effet, la grosseur des globes est comparée à celle d'une balle d'enfant, du poing, d'une orange, de la tête, au plus, d'une meule de moulin ou d'un tonneau. La densité du substratum de ces météores ne peut différer sensiblement de celle de l'air, puisqu'ils flottent dans l'atmosphère, et son poids ne dépasse pas quelques grammes et peut même descendre au-dessous du gramme, le litre d'air pesant 1gr.293. Il n'y a pas de corps détonnant connu en chimie qui satisfasse à de pareilles conditions dynamiques, et l'on est forcé d'admettre que cette énorme force vive est logée dans l'ultramatière et que la matière pondérable ne lui sert que de support.

Planté, à qui l'on doit d'intéressantes tentatives de reproductions des globes de feu, pense que leur énergie interne doit s'expliquer par des mouvements vibratoires spéciaux extrêmements violents des molécules électriques qu'il compare, jusqu'à un certain point, au mouvement de rotation de tores animés d'une grande vitesse[1]. En somme, c'est la même conception que la nôtre.

M. Faye a également émis une idée bien voisine, en attribuant les propriétés des globes fulminants à un état dynamique de la matière électrique, analogue à celui des anneaux-tourbillons de William Thompson[2]. Ailleurs encore, il les considère comme provenant d'une sorte d'enkystation électrique et les rattache au mouvement tourbillonnaire[3].

Le plus souvent, la rupture du globe électrique se traduit par des effets mécaniques : commotion violente de l'air, renversement de murailles, etc.

Mais l'explosion peut également revêtir la forme électrique. « Fréquemment le globe fait tout à coup explosion avec fracas, en lançant autour de lui des traits sinueux, éblouissants[4]. »

Dans certains cas, ce sont de véritables courants électriques

[1] Cf. *La Nature*, 1876, II. p. 281.
[2] Ac. des Sc., 6 octobre 1890.
[3] *Annuaire du Bureau des longitudes*, 1876, p. 515.
[4] Daguin, *loc. cit.*, p. 253.

C'est ce qui arriva pour ce globe que nous avons vu venir se poser sur un fil télégraphique. « Le globe ayant disparu subitement, les appareils de la station voisine se murent vivement et l'on en vit jaillir une foule d'étincelles, ce qui montre que l'électricité du globe s'écoulait par le fil [1]. »

Il eût été bien intéressant de constater le sens de ce courant.

Pendant l'accident de Pontévédra, il est également question de perturbations électriques dans la distribution des conducteurs à lumière. « Pendant les évolutions du globe, les lumières électriques oscillèrent dans la ville [2]. » Toutefois, il faut tenir compte ici de ce que le météore avait causé de graves avaries à la machine et que « la ville aurait été plongée dans l'obscurité, si le sang-froid des électriciens ne leur avait permis de remettre toutes choses en ordre en quelques secondes, après l'évanouissement du météore. »

Un grand dégagement de chaleur au moment de l'explosion est aussi une chose qui n'est pas douteuse, et le nombre d'incendies allumés par des boules de feu électrique est considérable.

Il est bien intéressant de noter que les récits des spectateurs, qui ont été au premier rang pour les observer de près, ne leur attribuent pas de chaleur sensible, tant qu'elles sont dans leur période de vie errante; elles semblent être froides; tout au plus les a-t-on incriminées de produire des roussissures, mais non de mettre le feu. Ce dernier fait s'observerait seulement au moment de l'explosion finale.

En résumé, la rupture du globe libère son énergie interne sous les trois formes fondamentales : effets mécaniques, chaleur, électricité; c'est précisément la même chose que pour la vie.

La mort partielle, libérant progressivement de l'énergie, permet d'expliquer les évolutions si étonnantes du globe électrique à travers l'atmosphère. Nous retrouvons, en particulier, l'émission de la lumière comparable à la phosphorescence, la production d'une faible chaleur et le mouvement, que nous pouvons mettre en parallèle avec celui des animaux. En un mot, il n'est rien du globe fulminant, qu'on ne puisse retrouver chez les êtres vivants.

[1] Daguin, *loc. cit.*, p. 254.
[2] *La Nature, loc. cit., antea.*

En définitive, le globe a vécu pendant un certain temps, il a dépensé une partie de son énergie première en des manifestations diverses qui rappellent celles des animaux; puis il s'est rupturé en restituant le reste de son énergie. On pourrait le comparer à un individu privé de nourriture, qui vit pendant un certain temps sur ses réserves et finit par mourir en restituant son énergie interne de vitalité.

Ainsi donc, ici encore, comme chez les êtres vivants, nous retrouvons la distribution de l'énergie totale en énergie disponible et énergie de réserve.

A la vérité, l'énergie totale du globe semble être, étant donné la très faible masse du substratum, supérieure à celle de la cellule vivante; Il est difficile de trancher la question, des mesures comparatives n'ayant pu être faites.

D'autre part, remarquons que, sous sa forme actuelle, la vie ne se rupture pas avec la brusquerie du globe de feu et que la restitution de l'énergie par la mort de l'être vivant se fait, au contraire, progressivement, lentement et passe inaperçue. Dans le globe fulminant, le mouvement intestin n'étant pas engagé dans la matière pondérable et gêné par elle, revêt au moment de sa destruction la forme disruptive instantanée. On peut comparer ces deux modes de restitution d'énergie à la destruction lente et progressive de la dynamite simplement enflammée et à l'explosion instantanée de la même matière, lorsqu'elle est ébranlée par l'excitation d'une amorce au fulminate.

5° *Le pouvoir chimique.*

Cette faculté est mise hors de doute par les observations nombreuses relatant la production de composés chimiques sur le passage et après l'explosion du météore. Je vais encore faire des emprunts à la notice d'Arago :

Page 264 :

Le 7 octobre 1711, quatre globes de feu, gros comme le poing, éclatent dans une église à Sampford-Courtney (Devonshire) et la remplissent d'une *fumée sulfureuse.*

Page 265 :

Le 20 juin 1772, un globe de feu de même grosseur est observé dans un presbytère à Steeple-Arton. Ce globe était entouré *d'une*

*fumée noire.* En éclatant, il fit un bruit comparable à celui d'un grand nombre de pièces de canon qui partiraient à la fois. Une *vapeur sulfureuse* se répandit aussitôt après dans toute la maison.

Page 372 :

Le 4 novembre 1749, par 42° 48' de latitude nord et 11° ½ de longitude occidentale, un globe de feu bleuâtre de la grandeur apparente d'une meule de moulin s'avança rapidement vers le vaisseau anglais *le Montague*, en roulant à la surface de la mer. Après s'être élevé verticalement à peu de distance du navire, il alla frapper les mâts avec une explosion comparable à celle de plusieurs centaines de canons : le grand mât de hune fut brisé en une multitude de pièces. Entre autres effets, une *odeur sulfureuse* se répandit dans les batteries.

Ces désignations d'odeurs et vapeurs sulfureuses ne sont évidemment qu'approximatives, le gaz sulfureux n'ayant rien à faire ici. Il s'agit certainement d'autres gaz odorants, tels que l'ozone et les vapeurs nitreuses, c'est-à-dire, des produits de condensation des éléments de l'atmosphère.

Les fumées noires méritent attention : ou bien elles proviennent de roussissures d'objets organiques rencontrés par le météore, ou bien elles sont le résultat d'un travail intestin, qui semblerait indiquer la formation de composés charbonneux provenant, peut-être, de la réduction de l'acide carbonique de l'air.

Les citations suivantes ont, à cet égard, une importance de premier ordre.

Il n'est point prouvé qu'on doive rejeter comme mensongères toutes les relations où il est parlé de coups de foudre accompagnés de chutes de matières. Sur quoi se fonderait-on pour s'inscrire en faux contre ce fait que je tire des œuvres de Boyle?

« En juillet 1681, la foudre produisit beaucoup de dégâts, près du cap Cod, sur le bâtiment anglais l'*Albemarl.* Le coup de foudre fut suivi de la chute dans la chaloupe même, suspendue à la poupe du navire, d'une *matière bitumineuse*, qui brûlait en répandant une odeur semblable à celle de la poudre à canon. Cette matière se consuma sur place; on avait essayé vainement de l'éteindre avec de l'eau ou de la projeter dehors en se servant de tiges de bois[1]. »

[1] Arago, *loc. cit.*, p. 427.

Bien qu'il ne soit pas fait mention ici de la forme de l'éclair, il y a lieu de supposer, avec quelque probabilité, qu'il y eut intervention de la forme globulaire. Il est dit, en effet, que la foudre fut *suivie* de ladite chute; ce n'est donc pas le choc même de l'éclair dans la chaloupe qui produisit l'effet en question. Sans doute, un globe de feu, engendré par le coup de foudre, en fut l'auteur.

Voici des faits analogues qui ont été observés depuis Boyle.

Le 28 juillet 1885, un homme sortant de Luchon vers une heure et demie de l'après-midi, alors que l'orage grondait fortement, vit la foudre tomber à 20 mètres environ. Remis de la secousse, il alla voir l'effet produit et vit un enduit fondu et brillant sur les pierres du mur qui borde la route. Un géologue très distingué du pays, M. Maurice Gourdon, se rendit sur les lieux et recueillit de ce vernis sur des schistes, sur des calcaires et jusque sur l'écorce des arbres. Il voulut bien, avec un empressement dont je le remercie, me faire parvenir ces curieux spécimens et je les étudiai avec le plus grand soin. Mon résultat, que M. le Secrétaire perpétuel communiqua à l'Académie, est que la substance fondue, loin d'être un verre, comme il arrive dans les fulgurites ordinaires, est une résine, facilement enflammable, qu'on peut distiller, que l'alcool dissout pour l'abandonner sous forme de précipité en présence de l'eau. La chute de cette substance singulière étant parfaitement constatée, il y a lieu de se demander si elle dérive réellement de la foudre ou si, d'origine météorique, elle n'a pas été apportée par quelque bolide. Dans tous les cas, elle paraît être cette même substance qu'on a vu brûler dans un grand nombre de cas d'orage et spécialement lors de l'accident survenu en 1681 sur l'*Albemarl* et dont Richard Boyle nous a conservé le récit. Il s'agit d'une masse résineuse tombée sur le pont à la suite d'un coup de tonnerre et qu'on essaya vainement d'éteindre avec de l'eau ou de précipiter dans la mer avec des bâtons [1].

A propos de la substance résineuse tombée avec le tonnerre à Luchon, le 28 juillet 1885, et que j'ai décrite dans la dernière séance, M. Trécul rappelle que, le 25 août 1880, il vit tomber d'un nuage orageux des gouttes de matière enflammée. Le savant académicien pense qu'il s'agit dans les deux cas du même phénomène. — « Quoique dans le cas dont il s'agit ici, ajoute-t-il, la chute du corps n'ait pas été accompagnée du bruit du tonnerre, il me semble que le fait que je viens de rapporter peut être rapproché

[1] Stanislas Meunier, in *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* du 2 novembre 1886. — *La Nature*, 1886, II, p. 367.

de celui qui fut signalé par l'habitant de Luchon et qu'il est probable que la matière résineuse, si bien étudiée par M. Stanislas Meunier, provient non d'un bolide mais du *tonnerre en boule* tombé pendant l'orage, comme l'a cru ledit habitant de Luchon. Je crois que les deux observations se complètent réciproquement. J'ai vu la matière tombée sortir d'un nuage obscur, sans avoir pu la recueillir. A Luchon, M. Gourdon a recueilli les produits de la chute, sans avoir par lui-même constaté leur provenance [1]. »

Et maintenant, est-il réellement téméraire de supposer qu'un météore capable de synthétiser de l'acide azotique, de synthétiser des composés hydrocarbonés, ne puisse, à un moment donné, souder ces deux noyaux et donner naissance à un corps quaternaire voisin des albuminoïdes? Il me semble que les deux premières synthèses sont tout particulièrement démonstratives de la puissance chimique du globe de feu électrique et plus difficiles à réaliser que cette soudure, dont nous avons de nombreux exemples en chimie organique; qui peut les premières synthèses, peut la seconde.

Dans ces conditions, le globe fulminant nous apparaît comme une petite nébuleuse en voie de condensation.

Tandis que la grande nébuleuse cosmogonique, son aînée, était destinée à créer le monde solaire dont nous faisons partie, celle-ci, de moindre amplitude, est appelée à peupler les terres provenant de la condensation de la première.

La grande nébuleuse partait de la matière primordiale et l'entraînait vers la synthèse de la matière condensée; la petite nébuleuse entraîne, à son tour, la matière condensée et la conduit à la forme de protoplasme vivant.

L'énergie considérable que renferme dans ses flancs le météore électrique et ses tendances générales nous permettent de considérer une pareille synthèse comme très vraisemblable. Qui peut dire à quoi ont abouti certaines de ces boules de feu, qui se sont éteintes progressivement sans explosion? Remarquons que la condensation jusqu'à l'état liquide ou solide d'une masse gazeuse de la grosseur du poing ne fournirait qu'un bien faible volume, quelques millimètres cubes, volume qui peut parfaitement passer inaperçu; et d'autre part, ce volume est bien de l'ordre de grandeur des

[1] Stanislas Meunier, *Comptes rendus* du 15 novembre 1886. — *La Nature*, 1886, II, p. 399.

premières masses protoplasmiques, que nous pouvons admettre comme ayant apparu à l'origine.

N'oublions pas de signaler que, lorsque des incendies ont été allumés par des globes de feu, cela a toujours eu lieu seulement au moment de leur explosion et non pendant leur course errante. Les personnes, qui se sont trouvées à même de voir de très près ces météores sont généralement d'accord pour affirmer que, malgré leur aspect lumineux, ils ne dégagent pas de chaleur sensible : c'est là un fait très important. Leur masse constitue une sorte de laboratoire à voie froide, où des corps organiques peuvent être synthétisés sans danger d'altération ou de destruction par une élévation trop grande de température.

Pour résumer les présomptions que nous avons formulées au sujet des globes de feu, nous dirons que ces météores nous paraissent formés d'une association de mouvements tourbillonnaires élémentaires, réagissant les uns sur les autres de façon à constituer une unité, qui retrace dans ses traits généraux les propriétés de la cellule vivante; ces mouvements élémentaires ne seraient autres que les vortex vitaux. D'autre part, sous leur action, les éléments de l'atmosphère tendraient à être entraînés dans des combinaisons chimiques de plus en plus compliquées, pour aboutir à la matière protoplasmique vivante.

Ces météores sont relativement rares à l'heure actuelle; mais il n'a pas dû toujours en être ainsi, notamment aux premiers âges de la terre. D'abord, il est présumable que la production d'électricité atmosphérique devait être bien plus considérable dans cette atmosphère épaisse, chaude, chargée de vapeur d'eau. Mais il y a encore d'autres sources puissantes d'électricité, qui ont dû jouer un rôle considérable. Reportons-nous à l'autorité d'Arago :

Des globes lumineux se montrent plus fréquemment encore au milieu des orages volcaniques que pendant les orages ordinaires. Durant les éruptions du Vésuve de 1779 et de 1794, Hamilton et d'autres observateurs en virent à plusieurs reprises qui, après s'être élancés de l'épais nuage de cendres, éclataient en l'air comme des bombes de nos feux d'artifice au milieu desquels on a placé des serpentaux[1].

[1] Arago, *loc. cit.*, p. 262.

Les orages volcaniques sont, du reste, extrêmement fréquents pendant les éruptions[1]; leur origine a été rapprochée de la production d'électricité dans la machine d'Armstrong.

Or, qu'est-ce que le vulcanisme, sinon la réaction de l'eau sur le feu central? Mais cette réaction, aux époques primitives, a duré un temps énorme, et cela avec une violence incomparable, jusqu'à ce que la croûte terrestre fût suffisamment consolidée pour séparer les deux combattants.

La première écorce ne fut pas plus tôt formée que des gondolements et des cassures s'y déclarèrent par suite du rétrécissement de la masse interne, qui se solidifiait. L'immense nappe d'eau, récemment condensée, s'infiltra dans ces déchirures, rencontra le feu central; une lutte commença, pour longtemps ; elle se traduisit par l'épanchement d'énormes masses granitiques qui formeront, dès ce moment, l'ossature centrale des futurs grands continents.

Mais la lutte n'était pas encore terminée. Les nouvelles couches sédimentaires, comme les anciennes, continuent à se plisser et se fracturer, ainsi que le témoigne la stratigraphie ordinairement si tourmentée des terrains primaires. L'intervention de l'eau fit encore surgir de nouveaux éléments éruptifs, les porphyres et une grande quantité de produits filoniens ignés ou d'origine hydrothermale qui s'accumulèrent dans les cassures.

Le vulcanisme joua un rôle considérable pendant le primaire. Les éruptions volcaniques actuelles ne sont, sans doute, que de pâles images de ces tourmentes des premiers âges.

Dans les immenses masses de vapeurs et de débris de toute nature, formant des nuages sans limites, il devait se déclarer des orages d'une intensité inusitée de nos jours : la foudre grondait sans interruption et les globes de feu étaient légions ! Et cet état de chose a duré un temps prodigieux.

Au début, alors qu'aucune matière protoplasmique n'existait encore, les globes de feu étaient les seuls véritables habitants de l'immense étendue de l'atmosphère et de la surface terrestre. Beaucoup d'entre eux ont dû exploser avant d'arriver au but pour lequel ils étaient destinés. Du reste, ne voyons-nous pas chez les êtres vivants cette immense prodi-

[1] Arago, *loc. cit.*, p. 236.

galités de spores, de graines, d'œufs, perdus pour un petit nombre de survivants, justifiant cette parole célèbre : *il y a beaucoup d'appelés, mais peu d'élus.* Mais quelques-uns ont pu condenser les éléments de l'air et se constituer ainsi un support suffisamment stable pour pouvoir évoluer; et alors, alourdis par la condensation même, ils ont roulé vers la terre, entraînés par les premières pluies dans les premiers océans, dont ils sont devenus les hôtes. La vie, en effet, s'est d'abord propagée dans la mer pour gagner ensuite les terres plus tardivement émergées.

Il faut remarquer que l'atmosphère d'alors, plus dense, plus chargée d'acide carbonique et, peut-être, d'autres produits encore, devait sans doute offrir plus de facilité que maintenant à la condensation et à la genèse de matières protoplasmiques. D'ailleurs, la composition de l'atmosphère et les conditions météorologiques ont dû subir des modifications progressives au cours de cette première période, qui a été fort longue. Les divers germes originels des embranchements biologiques ont dû trouver successivement des conditions d'éclosion plus favorables, et la création a dû s'effectuer ainsi progressivement et pendant une longue durée [1], jusqu'à ce que les conditions fussent devenues de moins en moins favorables.

Comme je l'ai déjà dit, les globes fulminants actuels qui, après une course errante, aboutissent à une explosion finale, me font l'effet d'êtres vivants affamés, ne pouvant pas trouver une nourriture appropriée et finissant par mourir d'inanition, en restituant le résidu de leur énergie de vitalité.

D'ailleurs, les phénomènes que nous observons actuellement ne sont plus, malgré leur violence relative, que de lointaines réminiscences des âges passées; c'est de la même façon qu'en biologie on voit apparaître, de temps à autre, des caractères insolites, qui rappellent des phases ancestrales de l'évolution des êtres actuels. Ces retours momentanés au passé sont d'un intérêt capital; car ils nous donnent la clef d'énigmes qui resteraient sans eux absolument indéchiffrables.

L'idée de rattacher les débuts de la vie à l'évolution de la foudre globulaire pourra bien paraître étrange et paradoxale.

[1] Voir Delage. *La structure du protoplasma et l'hérédité,* p. 400.

Il faut dire que ce rapprochement n'a, sans doute, jamais été plaidé d'une façon aussi circonstanciée que je l'ai fait ici. Cependant, à bien prendre les choses, il est difficile de ne pas reconnaître qu'il y ait un lien de parenté entre ces deux groupes de phénomènes et j'ai la persuasion qu'il y a de grandes chances à parier pour la légimité de ce rapprochement.

Pour lever toute espèce de doute à cet égard, il faudrait faire intervenir la méthode expérimentale, et, du reste, déjà quelques tentatives intéressantes ont été pratiquées dans cette voie. Pour mieux juger ce qu'il y a de fait et ce qu'il reste à faire, il faut se reporter à l'observation des phénomènes naturels. La genèse des globes électriques présente deux phases bien distinctes. Dans la première, la boule de feu ne persiste pas; ce cas semble être extrêmement fréquent. Dans presque toutes les relations de chûte de foudre il est question de boules de feu qui éclatent instantanément; dans diverses enquêtes que j'ai dirigées moi-même sur des coups de foudre, on m'a affirmé avoir vu des boules éclatant au-dessus du sol. J'ai été moi-même témoin, plusieurs fois, d'éclairs en chapelet.

Dans la seconde phase, qui est beaucoup plus rare, la boule persiste; complètement individualisée, elle se livre alors à cette course errante, qui est si surprenante. Cette dernière manifestation ne se produirait, suivant toute vraisemblance, que dans les orages très violents.

Peut-être, y a-t-il une certaine corrélation entre la première phase et quelques résultats expérimentaux. On connaît les remarquables travaux de Planté à l'aide de courants de haut voltage [1] : il a pu obtenir la décharge sous l'aspect d'un petit globe lumineux qui, toutefois, restait solidaire des pôles et disparaissait quand on rompait le courant. Tout récemment M. Righi [2] est parvenu à reproduire cette forme globulaire de la décharge à l'aide de machine électrostatique munie de condensateur, avec intercalation d'un circuit de grande résistance; mais, ici encore, l'écoulement d'électricité est nécessaire pour maintenir cet aspect lumineux.

Peut-être, avec des moyens encore plus puissants, parvien-

[1] Planté. *Recherches sur l'électricité*, 1879.
[2] *Revue scientifique* du 6 juin 1896, p. 727.

drait-on à communiquer une autonomie complète à cette première forme de l'individualisation électrique, et à la transformer en globe errant et indépendant.

### *Analogie avec les bulles de savon*[1]

Il ne saurait être question ici d'une analogie d'ordre dynamique, puisqu'une bulle de savon constitue un système en équilibre statique entre deux forces, d'une part la tension superficielle du liquide formant la mince enveloppe, et d'autre part la pression de l'air enfermé. Toutefois, la façon de se comporter de cette bulle présente des rapprochements qu'il est intéressant de signaler.

On peut, pour donner une raison d'être à ce rapprochement, subdiviser schématiquement l'unité vivante en deux sous-unités, l'une d'ordre matériel, le corps, l'autre d'ordre dynamique, le principe vital ; c'est incontestablement à la première sous-unité que se reporte la comparaison en question. Entrons dans le détail des faits.

D'abord, une bulle de savon constitue une unité bien définie et nettement séparée du milieu extérieur par la membrane liquide qu'on peut comparer à la peau d'un animal.

Avec une bonne eau de savon on peut gonfler des bulles très volumineuses, de plusieurs litres de capacité. Ces bulles remplies de l'air chaud de la respiration, s'élèvent lentement dans l'air à la manière des mongolfières et s'y maintiennent un certain temps. Si l'on vient à diriger contre une d'elles le souffle des poumons, ou d'un soufflet, on la voit se déformer d'une étrange façon, pliant sous la poussée, mais s'efforçant de reprendre la forme sphérique. Ces mouvements amiboïdes font songer à ceux des protozoaires, des myxomycètes, ou encore à ceux des globules sanguins, lorsqu'ils se faufilent dans les canaux étroits.

Une blessure perforante qui déchire la peau d'un être vivant est toujours chose grave, pouvant entraîner la mort. De même une piqûre par une pointe métallique sèche détermine immanquablement la rupture de la bulle.

[1] Ce paragraphe a été rajouté au texte primitif.

Cet ensemble de caractères confère certainement à la bulle une singulière ressemblance avec la personnalité vivante; et cette constatation n'est évidemment pas étrangère à l'intérêt qui s'attache à ce curieux édifice laminaire.

Mentionnons encore quelques expériences bien connues relatives aux bulles de savon.

On souffle une bulle de savon entre deux anneaux métalliques égaux et parallèles, fixés sur une règle à crémaillère. En faisant tourner le pignon de la crémaillère, on écarte les deux anneaux et on oblige la bulle à s'allonger jusqu'à la forme d'un cylindre parfait terminé par deux calottes sphériques. Si l'on dépasse cet allongement, on voit un étranglement se manifester dans la partie médiane du cylindre et bientôt se produire une scission en deux bulles sensiblement égales, rattachées à chaque anneau. Nous avons ainsi une sorte de fac-similé de la segmentation, de la division cellulaire.

Maintenant faisons jouer la crémaillère en sens inverse, et amenons les deux bulles au contact; elles ne se fusionneront pas pour cela, pas plus que ne se fusionnent deux individus vivants qui se touchent momentanément. Pour provoquer le fusionnement, on approche un bâton de cire à cacheter préalablement frotté; l'influence électrique détermine immédiatement le fusionnement des deux bulles en une seule.

Ici encore nous avons une image d'une des propriétés fondamentales de la matière vivante. Remarquons, en outre, que, dans l'un comme dans l'autre cas, le fusionnement ne s'opère pas sans un certain cérémonial.

Ainsi donc, si nous excluons le pouvoir chimique, qui est ici hors de cause dans une question d'ordre purement physique, nous retrouvons nettement indiqués les autres caractères fondamentaux que nous avons reconnus à l'être vivant, à savoir, la personnalité, la segmentation, le fusionnement, la mort.

Doit-on attribuer cela à une simple coïncidence fortuite? Je ne le pense pas; je pense qu'il convient de rechercher l'explication dans la commune nature structurale de la bulle et des tissus vivants; je veux dire l'état colloïdal.

Il résulte de l'enquête que j'ai ouverte à ce sujet, que seules les substances colloïdes, étendues d'eau, donnent des bulles persistantes; les cristalloïdes sont incapables de produire

cet effet. La cause doit en être attribuée vraisemblablement à la manière dont sont groupées les molécules des colloïdes, à l'accrochement de ces molécules les unes avec les autres, qui mettent obstacle au déchirement de la lame liquide. Signalons, parmi ces substances colloïdes, le savon, l'albumine, la bile, la gélatine, les gommes, la saponine, la panamine, les mucilages, etc. [1]

D'autre part, la substance matérielle des êtres vivants est essentiellement de structure colloïdale. C'est cette structure qui permet cette plasticité si extraordinaire dans les formes si diverses de la vie, cette flexibilité, cette élasticité, qui caractérisent les mouvements chez les animaux. Supposons par la pensée un monde d'où les corps colloïdes seraient bannis, et où les corps cristalloïdes seules pourraient subsister dans un pareil monde le développement de la vie serait impossible.

En définitive, la bulle de savon et le corps de l'être vivant sont des édifices colloïdaux, la première au maximum de simplicité, le second au maximum de complication; malgré cette énorme distance, nous retrouvons chez eux des caractères généraux communs.

Pour terminer, reprenons le schéma de subdivision que nous avons établi en commençant. Le dynamisme vital comporte essentiellement les caractères de personnalité, de segmentation, de fusionnement et de catastrophe finale ou mort. Or, nous avons retrouvé précisément ces caractères

[1] Les liquides capables de donner des bulles persistantes se reconnaissent à trois caractères : mousser, filer et émulsionner les corps gras.

Le fait de filer en une colonne ininterrompue, quand on les verse, s'explique par la résistance à la rupture qu'offre la membrane limitante de ces liquides, quelle que soit sa forme géométrique, sphère ou cylindre.

L'émulsionnement des corps gras s'explique ainsi : quand on agite de l'huile avec de l'eau, l'huile se divise en globules, qui ne tardent pas à se ressouder; mais, si l'eau renferme un corps colloïde, les globules d'huile sont entourés d'une enveloppe ne se rompant pas facilement; ils ne fusionneront plus. En continuant l'agitation, on provoquera une division de l'huile en globules de plus en plus petits et sans retour en arrière; on arrivera ainsi à l'émulsion. Le lait est une émulsion de beurre grâce à la présence de la caséine liquide, qui est un corps colloïde.

Si l'ammoniaque concentrée émulsionne les corps gras, c'est qu'il y a commencement d'attaque de ces corps et formation d'un savon ammoniacal, qui se comporte comme le savon alcalin.

dans l'édifice colloïdal élémentaire qu'est la bulle de savon; et nous sommes en droit de généraliser ces caractères à tout édifice colloïdal.

Nous en conclurons qu'il existe une harmonie parfaite entre le dynamisne vital et d'édifice colloïdal dans lequel il est logé. Nos deux sous-unités sont parfaitement concordantes.

---

# TABLE DES MATIÈRES

ANNEXE



Angers, imp. G. Grassin. — 4-19



